

**COORDINACION DE UN PROYECTO DE EDIFICACION MEDIANTE
METODOLOGÍAS BIM – CASO DE ESTUDIO EDIFICIO TEQUENDAMA II -
PERMODA**

**YEISON ALEJANDRO ANGEL TORRES
COD.505745**

**PROYECTO DE GRADO
Trabajo de Investigación**

**Director
ABRAHAM RUIZ VASQUEZ
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTA
2019**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
1 GENERALIDADES.....	8
1.1 LÍNEA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	8
1.1.2 Eje temático	8
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.3.1 Pregunta del problema	9
1.3.2 Variables del problema	9
1.4 ANTECEDENTES	9
1.5 JUSTIFICACION	10
1.6 OBJETIVOS	11
1.6.1 Objetivo general	11
1.6.2 Objetivos específicos.....	11
1.7 ALCANCE	11
1.8 LIMITACIONES	12
2 MARCO DE REFERENCIA	12
2.1 MARCO TEORICO	12
2.1.1 Que es BIM.....	12
2.1.2 LOD	13
2.1.3 Qué Relación existe entre BIM y LOD.....	14
2.1.3.1 LOD 100	14
2.1.3.2 LOD 200	15
2.1.3.3 LOD 300	15
2.1.3.4 LOD 350	16
2.1.3.5 LOD 400	16
2.1.3.6 LOD 500	17
2.2 MARCO CONCEPTUAL	18
2.2.1 Ciclo de vida de un proyecto mediante metodologías BIM	18
2.2.2 Dimensiones de trabajo BIM	19
2.3 ESTADO DEL ARTE	21

2.3.1 Implementación y uso de BIM en el mundo actualmente.....	21
2.3.2 BIM 4D: la dimensión temporal del BIM	23
2.3.2.1 Ventajas del BIM 4D	24
2.3.2.2 Modelación 4D en un software BIM	24
2.3.3 BIM 5D: Gestión de costes	25
2.3.3.1 Costos reales y eficiencia	25
2.3.3.2 Ventajas de BIM 5D	26
2.3.4 Identificación caso de estudio Edificio Tequendama II - Permoda	27
2.3.4.1 Ficha técnica de la edificación.....	28
2.3.4.2 Ubicación	28
2.3.5 Dimensionamiento del modelo Revit.....	29
3. METODOLOGÍA.....	31
3.1 METODOLOGÍA A EMPLEAR	31
3.2 ESQUEMA - FLUJO DE TRABAJO	32
4. INTEGRACION BIM 4D Y 5D AL CASO DE ESTUDIO	33
4.1 PROCEDIMIENTOS PREVIOS A LA VINCULACION BIM 4D Y 5D	33
4.1.1 Asignación de comentarios	33
4.1.2 Calculo de cantidades de obra.....	34
4.1.2.1 Herramienta tablas de planificación (Schedule/Quantities).....	35
4.1.3 Estimación de rendimientos y tiempos de obra	36
4.1.4 Estimación de costos del proyecto.....	37
4.1.5 Realización cronograma y presupuesto en MS Project.....	40
4.1.5.1 Configuraciones iniciales MS Project	41
4.1.5.2 Asignación de tareas = comentarios.....	42
4.1.5.3 Asignación de duración y tareas predecesoras.....	43
4.1.5.4 Integración de Costos y Texto 1 (Construct) a MS Project	44
5. RESULTADOS.....	45
5.1 SIMULACION BIM 4D Y 5D EN NAVISWORKS MANAGE	45
5.2 PARA QUE SIRVE UNA INTEGRACION BIM 4D Y 5D	48
5.3 RELACION COSTO – BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACION BIM.....	51
5.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN FINALES.....	51
9. BIBLIOGRAFÍA Y WEB-GRAFÍA	53

10. ANEXOS	56
10.1 Planos arquitectónicos.....	56
10.2 Planos del pre-dimensionamiento estructural	56
10.3 Modelo Revit del proyecto	56
10.4 Hoja de Excel (Cantidades – Duración - Costos).....	56
10.5 Cronograma y presupuesto MS Project.....	57
10.6 Modelo Navisworks Manage (Simulación BIM 4D y 5D)	57
10.7 Propuesta de trabajo de grado aprobada	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación LOD	13
Figura 2. Escala de detalle LOD	14
Figura 3. Escalas LOD -Diseños MEP	18
Figura 4. Ciclo de vida de un proyecto	18
Figura 5. Dimensiones de trabajo BIM	21
Figura 6. Uso de BIM alrededor del mundo	22
Figura 7. Integración BIM 4D en un proyecto de Edificación.....	25
Figura 8. Corte longitudinal arquitectónico - Fachada	27
Figura 9. Corte transversal arquitectónico - Fachada.....	28
Figura 10. Modelo Revit – Vista frontal	29
Figura 11. Modelo Revit – Vista Inferior - Cimentación	29
Figura 12. Modelo Revit – Vista Trasera	30
Figura 13. Modelo Revit – Vista en Planta - Piso 1.....	30
Figura 14. Asignación comentarios	34
Figura 15. Cantidades herramienta (Schedule/Quantities).....	35
Figura 16. APU - Muros pantalla	37
Figura 17. APU - Pilotes	38
Figura 18. APU - Losa de cimentación	38
Figura 19. APU - Losa de entrepiso aligerada.....	39
Figura 20. APU - Columnas en concreto armado	39
Figura 21. APU - Vigas de concreto armado.....	40
Figura 22. Configuraciones iniciales MS Project	41
Figura 23. Configuración calendario - Horario y días de labor.....	42
Figura 24. Nombre de tarea = Comentarios	42
Figura 25. Asignación de tiempos y predecesoras	43
Figura 26. Costos y tarea (Construct)	44
Figura 27. Vinculación de Project al modelo Navisworks.....	45
Figura 28. Asignación de campos creados.....	46
Figura 29. Creación de reglas para enlazar elementos.....	47
Figura 30. Utilidades de la integración BIM	48
Figura 31. Simulación 4D y 5D - Avance de obra del 10%	49
Figura 32. Simulación 4D y 5D - Avance de obra del 50%	50
Figura 33. Simulación 4D y 5D - Avance de obra del 95%	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Etapas de la metodología	31
---	----

INTRODUCCIÓN

El mundo de la ingeniería siempre está en constante innovación y en busca de optimizar los procesos que se llevan a cabo en el mismo, BIM (Building Information Modeling) en español *modelado de información para la edificación*, es una metodología la cual se ha venido implementando en el país desde hace unos años ya, que permite la gestión integral de proyectos de edificaciones e infraestructura en todas sus fases, desde un simple esquema en modelado 3d hasta lograr obtener una composición centralizada de información específica del proyecto abarcando todas las áreas del mismo planificación, diseño, construcción en tiempo real entre otras, vinculando permanentemente durante todo el ciclo de vida del proyecto dichas áreas¹.

Involucrando factores tan importantes para un proyecto como presupuesto, cronograma, mano de obra, materiales, interferencias de diseño. la metodología BIM es mucho más que un modelado en 3d y ha llegado para remplazar al sistema tradicional CAD que simplemente imita el proceso de lápiz y papel en 2d, que no ayuda a visualizar muy bien y tener una idea más completa de lo que se quiere llevar a cabo. Gracias a la implementación BIM en los proyectos se logra una optimización de los procesos lo cual se traduce en una mayor calidad y mayor rentabilidad para las empresas que hacen uso de esta metodología ya que como se mencionó anteriormente la información del proyecto está centralizada por lo cual si se cambia un simple detalle en el modelo ya creado cambiara toda la base de datos del mismo ajustando todos los elementos involucrados en tiempo real².

La coordinación de proyectos puede ser mucho más eficaz y efectiva mediante el uso BIM en cualquiera de sus fases, antes de ejecutar la obra (*diseño*), durante la ejecución de la obra (*construcción*), y una vez ya ejecutada (*explotación*) esto trae como beneficios prever cualquier contratiempo que pueda ocurrir durante cualquier fase ya mencionada, haciendo la toma de decisiones mucho más fácil eficaz y eficiente³.

¹ **López, Isabel.** *Planteamiento de una estrategia de inclusión de BIM para empresas medianas de arquitectura en la etapa de diseño.* Bogotá: Facultad de artes, Escuela de Artes y Urbanismo, 2017.

² **Vandezande, James.** *Mastering Autodesk Revit Architecture.* Indiana: Wiley Publishing inc., 2012.

³ **Aponte, Lina Xiomara Sierra.** *GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CON METODOLOGÍA BIM.* Bogotá: Universidad Militar Nueva Granda, 2016.

1 GENERALIDADES

1.1 LÍNEA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Gestión integral y dinámica de la coordinación de proyectos

1.1.2 Eje temático Gestión y administración de obras mediante aplicaciones de tecnología informática de modelado 3D

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas más relevantes que encontramos cuando se lleva a cabo un proyecto de grandes magnitudes en Colombia y en el mundo es el de una inadecuada coordinación del mismo, ya sea en su etapa de diseño, de construcción o en cualquier otra. Es casi imposible que en proyectos de grandes dimensiones no llegue a surgir algún contratiempo o problema en cualquier fase del mismo ya que son proyectos que engloban diferentes disciplinas como arquitectura, ingenierías en general, medio ambiente etc. Por lo tanto, BIM surge como una solución a los tiempos tardíos y reprocesos que se dan por una incorrecta etapa de planificación y construcción específicamente en la realización de cronograma para cada una de las fases de ejecución, presupuesto del proyecto, alternativas de procesos y métodos constructivos, costos de operación etc.

El modelo BIM lleva consigo una gran cantidad de información que es relevante para la ejecución de un proyecto y que en algunas ocasiones a simple vista no logramos apreciar cada detalle y cada solicitud que requiere cada disciplina involucrada para que el proyecto sea ejecutado de la manera más óptima. La metodología BIM nos ofrece una nueva forma de trabajo y coordinación ya que toda la información recolectada y creada se encuentra centralizada en un solo modelo ofreciéndonos una vista más detallada de todos los procesos que se llevan a cabo en la línea de tiempo de planificación y ejecución que es el caso de estudio de este proyecto de grado, mitigando los percances y optimizando los procesos de trabajo de todas las disciplinas involucradas. Durante mucho tiempo en Colombia se ha manejado toda la información técnica de un proyecto a través de planimetrías en 2D sin ningún tipo de metodología que se preocupe por la sostenibilidad y la integración de un proyecto a largo plazo⁴.

⁴ **Cerón, Ismael Antonio.** *Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto.* Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017.

1.3.1 Pregunta del problema ¿Por qué coordinar proyectos de edificación mediante metodologías BIM y como realizar una correcta aplicación de las dimensiones 4D Y 5D?

1.3.2 Variables del problema Las variables que se involucran en este son:

- ¿Qué beneficios trae implementar metodologías BIM en este tipo de proyectos específicamente coordinación 4D y 5D?
- ¿Cuál es el impacto en la toma de decisiones y resolución de conflictos cuando se emplea planificación 4D y 5D?
- ¿En términos de eficiencia y eficacia que beneficios trae BIM con respecto al método de trabajo tradicional utilizado en otros proyectos?
- ¿Cómo realizar una correcta implementación de este tipo de metodología en proyectos de edificación?

1.4 ANTECEDENTES

En Colombia se ha utilizado durante muchos años el método tradicional CAD de planos creados a través de elementos sencillos como líneas y polilíneas. Este método trae consigo tiempos tardíos en la planificación, en el diseño, en la construcción de la obra y hasta en el mantenimiento de la edificación una vez ya construida. La implementación de la metodología BIM surge como una necesidad a optimizar dichos procesos que se llevan a cabo en las diferentes fases de un proyecto. El problema radica en que la implementación de una nueva tecnología de trabajo no se logra de la noche a la mañana ya que lleva consigo en primera instancia capacitar de manera correcta a las empresas y en segunda instancia poner en práctica dicha metodología de la mejor manera⁵.

Los primeros programas relacionados con la los modelos BIM aparecieron a mediados de la década de los 70 con el nombre de Building Description Systems (BDS), en donde la información de estos sistemas permitía realizar algunas tareas como documentar las cantidades para la estimación de costos y producir dibujos de detalle, y aunque el primer documento que presentaba de manera explícita el concepto de BIM apareció en 1986, se considera que estas metodologías comenzaron a desarrollarse a partir de un concepto introducido por el Profesor Chuck Eastman en 1975 del Departamento de Arquitectura del Georgia Institute of Technology, quien se considera el padre de BIM⁶.

⁵ **Zalarte, Manuel.** *Impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de proyectos*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2017.

⁶ **Mojica, Valencia.** *Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación de BOGOTÁ*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2012.

A inicios de los 80, el profesor húngaro Gábor Bojár y un estudiante trabajaron en el desarrollo de un software CAD 3D para Mac. Si bien la empresa húngara Graphisoft se fundó en 1982, año en que Autodesk lanzó AutoCAD como software de dibujo CAD 2D, solo dos años después sacó al mercado la primera versión de ArchiCAD llamada CH RADAR para el sistema operativo Apple, con diferencias significativas en cuanto a la forma de cómo se usaban las herramientas de computación en la industria de la construcción, pues Autodesk se centró en resolver problemas de la época como generar una mesa de dibujo virtual para realizar planos a diferentes escalas, mientras que Graphisoft pensaba más en generar una simulación real del edificio. Aunque a finales de la década de los 90 ya existían unas bases conceptuales y se utilizaba una terminología específica para BIM, el esquema de concepción y construcción de los proyectos se seguía desarrollando en mayor medida con herramientas basadas en mesas de dibujo virtuales, es decir, con AutoCAD. Ya para el año 2000 se empezaron a realizar proyectos pilotos que utilizaban BIM en todas sus fases de diseño, y en consecuencia, —las principales líneas de investigación se centraron en la mejora de la planificación previa y el diseño, detección de conflictos, la visualización la cuantificación, determinación de costos y gestión de datos⁷.

1.5 JUSTIFICACION

En el sector de la ingeniería es importante siempre estar actualizado en las nuevas formas de trabajo que van surgiendo al pasar de los años, BIM surge como una metodología de trabajo revolucionaria, integradora y centralizada que se está implementando alrededor del mundo ya que los beneficios que trae a las compañías son demasiado considerables como para que simplemente se ignore este nuevo método de trabajo. Este proyecto de grado tiene como finalidad resaltar todos esos beneficios que llevan consigo coordinar proyectos de edificación específicamente el proyecto edificio Tequendama II de Permoda mediante metodologías BIM (4D y 5D) realizando procesos analíticos y comparativos de datos como estimación de costos, productividad, programación de la ejecución del proyecto entre otros. Gracias a esto en los proyectos que hacen uso de esta metodología se consigue una mejor coordinación multidisciplinaria con respecto a otros, logrando hacer análisis detallados mucho más fácil de toda la información que lleva consigo el modelo. Esto como consecuencia nos permite encontrarnos en un ámbito económico más innovador y competitivo nacional e internacionalmente.

⁷ Volk, Rebeka. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. EEUU: Automation in Construction, 2014.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general.

Identificar y reconocer las ventajas de la metodología BIM específicamente 4D y 5D en la etapa de planificación de un proyecto de edificación, mediante la realización y uso de modelos informáticos.

1.6.2 Objetivos específicos

- Reconocer como mediante el software Revit se puede hacer uso de la metodología BIM en sus dimensiones 4D y 5D.
- Realizar el modelo soportado en el software Revit para la implementación BIM, en el proyecto edificio Tequendama II Permoda el cual tiene como ubicación la ciudad de Bogotá D.C.
- Realizar la planificación mediante BIM 4D y 5D en la cual nos permitirá tener una correcta visualización del proceso constructivo, mediante graficas o diagramas de Gantt similares a programas como Project Management y primavera e incluso videos del proceso.
- Comparar los recursos empleados cuando se trabaja mediante metodologías BIM y cuando se trabaja con las metodologías tradicionales como uso de planos en 2D.
- Identificar cuáles son los problemas más comunes que se tiene en la coordinación de proyectos y como mediante BIM pueden ser subsanados de las manera más eficiente y eficaz optimizando la toma de decisiones en el proyecto en la etapa de planificación
- Realizar un estimado costo - beneficio del uso de BIM en proyectos de gran escala como el edificio Tequendama II Permoda.

1.7 ALCANCE

Presentar un documento claro y conciso junto con el modelo central de Revit en el cual se vea implementado BIM 4D y 5D, con información fundamental y veraz como cálculo de cantidades, presupuesto de obra etc., en el que se demuestre y se evidencie las diferentes ventajas que puede llegar a tener para las compañías la coordinación de proyectos como el Edificio Tequendama II mediante metodologías BIM en la fase de planeación, realizando análisis detallados de la información

suministrada y desarrollada en este trabajo con el fin de dar una conclusión y respuesta a las preguntas anteriormente planteadas.

1.8 LIMITACIONES

Las limitaciones que podemos llegar a encontrar en la realización de este proyecto sería en gran medida a que una utilización BIM del 100% en el proyecto tomado para el estudio de caso podría tardar mucho más tiempo del que se tiene disponible ya que en este momento se encuentra en etapa de revisión y aprobación de los diseños por parte de las empresas involucradas en el proceso por lo tanto la recopilación de información de algunos procesos llevados a cabo una vez terminada la construcción no se podría llevar a cabo. Por otra parte, ya que en Colombia no muchas empresas trabajan mediante este tipo de metodología debido a que su implementación no se puede dar de la noche a la mañana, y algunas que si lo hacen no lo hacen en su máximo potencial podría haber falencias en la recopilación de la información real y necesaria para hacer los diferentes análisis y comparativos de este trabajo.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEORICO

2.1.1 Que es BIM.

Es un acrónimo de *Building Information Modeling*. Se habla mucho últimamente sobre BIM en la industria de la construcción, pero cuando preguntamos, recibimos tipos distintos de definiciones y de diferentes personas⁸.

Algunos dicen que BIM es un tipo de software. Otros dicen que BIM es el modelo 3D virtual de los edificios. Otros dicen que BIM es un proceso o que BIM no es más que una colección de datos de un edificio organizados en una base de datos estructural que se puede consultar fácilmente de forma visual o numérica ya que se encuentra centralizada en diferentes software empleados. Es seguro afirmar que BIM es todo lo que se dice anteriormente y algunas cosas más. La definición desarrollada en el *National BIM Standard – United States™ (NBIMS-US)* es: “BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de una construcción. Como tal, sirve como recurso de conocimiento compartido para

⁸ Duo, Jhon. BIIM Associates. *BIIM Associates*. [En línea] BIM Solutions for Architecture and Engineering, 15 de 6 de 2013. [Citado el: 15 de 9 de 2018.] <http://bim.associates>.

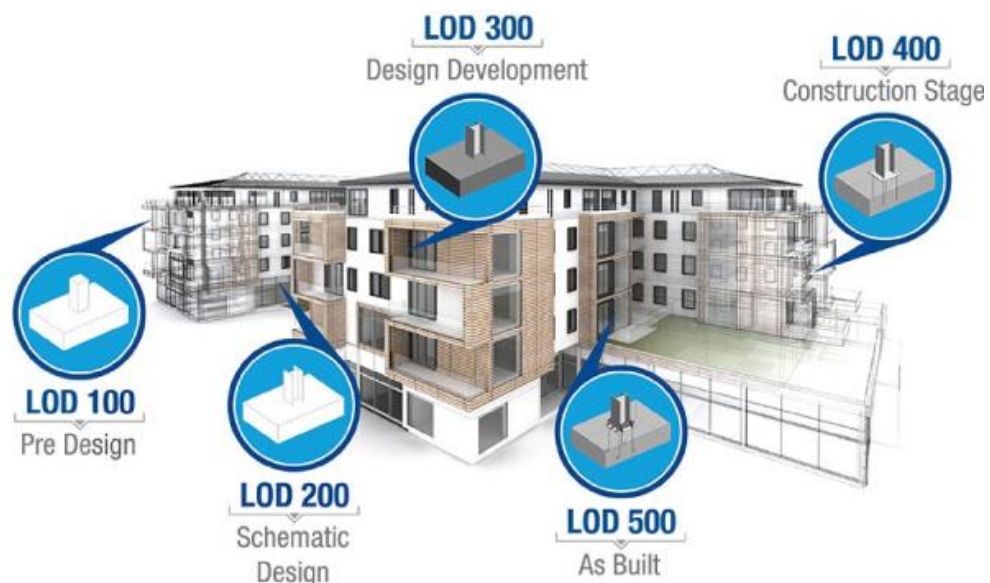
obtener información sobre una edificación que forma una base fiable para las decisiones durante su ciclo de vida desde la concepción en adelante⁹.

Un verdadero modelo BIM consiste en los equivalentes virtuales de los elementos constructivos y piezas que se utilizan para construir el edificio. Estos elementos tienen todas las características -físicas y lógicas- de sus componentes reales. Estos elementos inteligentes son el prototipo digital de los elementos físicos del edificio, como son los muros, pilares, ventanas, puertas, escaleras, etc. que nos permiten simular el edificio y entender su comportamiento en un entorno virtual antes de que se inicie su construcción real¹⁰.

2.1.2 LOD.

Nivel de Detalle (*Level Of Detail*) corresponde a la evolución lineal de cantidad y riqueza de información de un proceso que se lleva a cabo; siempre aumenta con el tiempo y se refiere al modelo de proyecto, los costes/presupuestos y la planificación temporal. El LOD como *Level Of Development* define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento del modelo, y este es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio que lleva consigo información relevante para el modelo del proyecto¹¹.

Figura 1. Representación LOD



Fuente: LOD FÓRUM, <https://bimforum.org/lof/>

⁹ **Standards, National BIM.** National BIM Standards - United States. *National BIM Standards -United States.* National Institute For Building Sciences, 15 de Enero de 2008. www.nationalbimstandard.org.

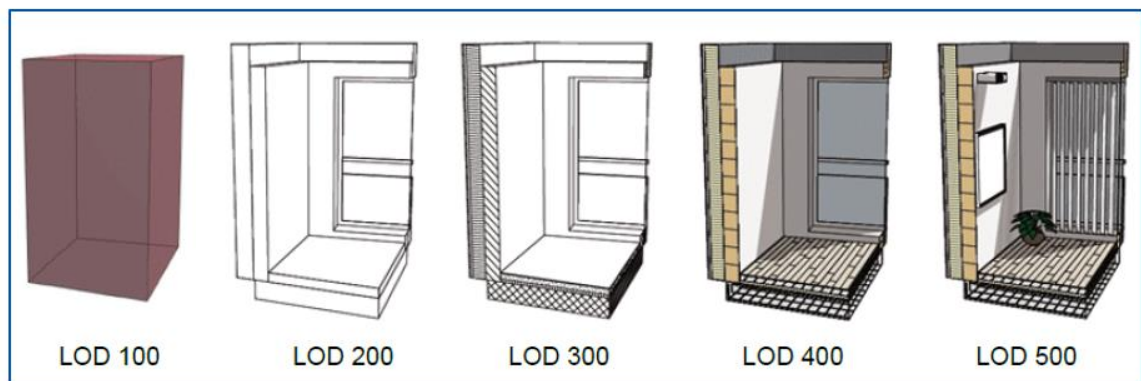
¹⁰ **FORUM, BIM.** BIM FORUM BUILDING SMART.15 de Enero de 2005.bimforum.org. 4.

¹¹ **Building Smart.** BIM FORUM. Septiembre de 2018.<https://bimforum.org/lof/>.

2.1.3 Qué Relación existe entre BIM y LOD

Como se definió anteriormente LOD es el acrónimo en inglés de (*Level Of Development*) o (*Level Of Detail*) y tiene una relación de gran importancia en el uso de la metodología BIM ya que LOD se puede entender como una escala de medición la cual nos indica que tan detallado puede estar el modelo central del proyecto, como que información puede llegar a tener cada elemento del modelo y con esa información que procesos se pueden desarrollar. En otras palabras, se puede tener un LOD muy bajo que solo muestre la geometría del elemento algo muy esquemático y no lleva consigo ninguna información de más, o se puede tener un LOD alto el cual puede contener hasta información de la vida útil del elemento mejorando las decisiones de mantenimiento y sostenibilidad de la edificación largo plazo¹².

Figura 2. Escala de detalle LOD



Fuente: BIM FORUM, <https://bimforum.org/lod/>

2.1.3.1 LOD 100. “Es el nivel básico en el que se enumeran los elementos conceptuales de un proyecto, definido por requerimientos como que el elemento u objeto puede estar representado por un símbolo o representación genérica. No es necesaria su definición geométrica, aunque este puede depender de otros objetos definidos gráfica y geoméricamente. Muchos elementos pueden permanecer en este nivel de desarrollo en fases muy avanzadas del proyecto

¹² Ortega, Agustín Sánchez. Espacio BIM. Espacio BIM, 2011. <https://www.espaciobim.com/que-es-el-lod-nivel-de-detalle/>.

Usos:

- *Análisis: Con base a dimensiones geométricas (si existen), orientación y ubicación, así como relación con otros elementos.*
- *Coste: estimación de costes en relación a datos como área, volumen o similares (unidades etc).*
- *Programación: el elemento puede ser utilizado para determinación de fases y duraciones.*
- *Coordinación: No aplicable¹³*

2.1.3.2 LOD 200. *Es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando aproximadamente cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica. El elemento objeto está determinado por su posición y ya posee una definición geométrica no completa. Tiene los datos aproximados de dimensiones, forma, ubicación y orientación. Su uso está vinculado a elementos genéricos o cuyas definiciones detalladas vienen dadas por agentes externos al proyecto. Es el LOD más bajo en el que se indica la posibilidad de incluir información no gráfica de un elemento, como puede ser el coste real (no estimado del LOD 100), así como características envolventes, pesos, fabricantes y manuales de mantenimiento.*

Usos:

- *Análisis: El Elemento puede ser analizado para su funcionamiento con base en el uso de criterios generales del proyecto.*
- *Coste: Estimación avanzada de costes vinculados a datos geométricos y de cantidades propios de este nivel. Este coste deriva del propio elemento y no de otros elementos.*
- *Programación: El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades.*
- *Coordinación: El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto con base en las dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros.*

2.1.3.3 LOD 300. *Es el nivel en el que se definen gráficamente el elemento, especificando de forma precisa cantidades, tamaño, forma y/o ubicación respecto al conjunto del proyecto. Puede incluir información no gráfica. El elemento objeto está definido geométricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación.*

¹³ **Editeca.** Editeca. [En línea] BIM Editeca, 2017. [Citado el: 4 de 9 de 2018.] <https://editeca.com/lod-nivel-de-desarrollo/>.

También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.

Usos:

- *Análisis: El Elemento puede ser analizado para su funcionamiento con base en el uso de criterios específicos del propio elemento. Puede requerir información no gráfica complementaria.*
- *Coste: Valoración específica y precisa del elemento en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra.*
- *Programación: El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades.*
- *Coordinación: El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto con base en las dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros.*

2.1.3.4 LOD 350. *Equivalente al nivel LOD 300 pero incluyendo la detección de interferencias entre distintos elementos. Es propio de proyectos complejos desarrollados independientemente por disciplinas u otra desagregación de proyecto específica. Afecta al análisis, Programación y coordinación del proyecto. Ocasionalmente, al coste por elemento y conjunto. Habitualmente, modifica la totalidad del proyecto respecto a LOD 300 según criterios definidos en los que suele ser prioritario el respeto a la estructura frente a instalaciones, y estas frente a arquitectura. Requieren de una perfecta coordinación entre todos los agentes y las distintas disciplinas y sub-disciplinas para una correcta ejecución en obra y una drástica reducción de errores y modificaciones en esta.*

2.1.3.5 LOD 400. *El elemento objeto está definido geométricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación con detallado completo, información de fabricación específica para el proyecto, puesta en obra/montaje e instalación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento.*

Usos:

- *Análisis: El Elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base al uso de criterios específicos del propio elemento y los sistemas o conjuntos constructivos a los que pertenece. Puede requerir información no gráfica complementaria.*
- *Coste: Valoración específica y precisa del elemento con base en datos concretos de fabricación y puesta en obra según precio de compra del mismo.*

- *Programación: El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades, así como plazos de fabricación y tareas vinculadas a esta.*
- *Coordinación: El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto con base en las dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros, incluyendo datos de uso y mantenimiento específicos. Se incluye la detección de colisiones entre elementos*

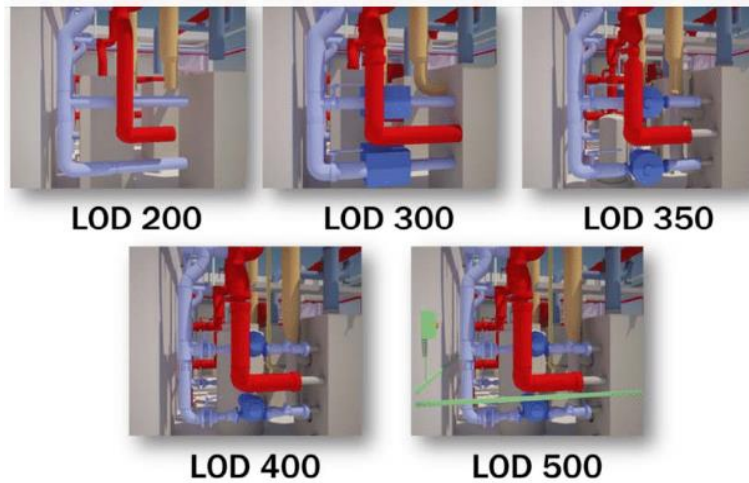
2.1.3.6 LOD 500. *El elemento objeto está definido geométricamente en detalle, así como su posición, pertenencia a un sistema constructivo específico, uso y montaje en términos de cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación. También se indica la posibilidad de incluir información no gráfica vinculada al elemento. Se verifica la información de este nivel en relación al proceso constructivo finalizado (“as built”) y no es aplicable a todos los elementos del proyecto. El criterio válido será definido por la propiedad y las normativas correspondientes. La información de este nivel sustituye a las equivalentes de otros niveles inferiores en todos los casos. Elementos del modelo pueden estar definidos a nivel de LOD 500 sin haberlo hecho en niveles anteriores y se incluirá siempre el autor del mismo como agente responsable de su ejecución.*

Usos:

El uso del nivel LOD 500 está vinculado al futuro y puede incluir la determinación de estado actual, especificaciones y aprobaciones de productos, uso y mantenimientos directos o indirectos, gestión y explotación, así como renovaciones y modificaciones¹⁴.

¹⁴ **Chapter, Building SMART Spanish.** Building Smart Spain. *Building Smart Spain*. [En línea] BSSC, 22 de Marzo de 2002. [Citado el: 10 de septiembre de 2018.] www.buildingsmart.es. 5.

Figura 3. Escalas LOD -Diseños MEP



Fuente: Building Smart <https://www.researchgate.net>

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Ciclo de vida de un proyecto mediante metodologías BIM

Figura 4. Ciclo de vida de un proyecto



Fuente: BIM Associates <https://www.associates.com>

El ciclo de vida de un proyecto de construcción está constituido por las etapas que atraviesa una edificación desde su concepción hasta el fin de su vida útil. Según la GUIA del PMBOK 5ª EDICION, un ciclo de vida del proyecto está constituido por:

“Las series de fases por las que pasa un proyecto desde su iniciación hasta su cierre. Estas fases son generalmente secuenciales, y su nombre, así como el número de ellas vienen determinados por las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones envueltas en el proyecto, la propia naturaleza del proyecto, y su área de aplicación¹⁵.”

Para los procesos BIM el ciclo de vida de las edificaciones se sintetiza en el diagrama que presenta la compañía Autodesk en un video titulado “BIM for the Building Lifecycle”. Según esta casa de diseño de software, la necesidad de controlar la fase operativa de la edificación reside en que los mayores costos se presentan justamente en esta etapa. Al implementar un proceso BIM en un proyecto cuyo resultado, se determina previamente el alcance. Un proceso BIM completo cubre todas las etapas del ciclo de vida de la edificación controlando los múltiples subprocesos que ocurren en cada una. BIM puede ser considerado como una nueva metodología para administrar el ciclo de vida de una edificación con un enfoque en el impacto ambiental, el diseño y la documentación¹⁶.

2.2.2 Dimensiones de trabajo BIM

Todo el proceso que atraviesa un proyecto, desde su concepción como idea, hasta su entrega final o mantenimiento, se divide en siete fases, que son denominadas las dimensiones de BIM, siendo tales las siguientes:

- **1D = La idea:**

En esta primera dimensión se produce el origen del proyecto, lo que hace que confluyan varios procesos para su posterior puesta en marcha, como lo son los estudios de Mercado y estudios previos. La concepción de la idea de proyecto, con los correspondientes estudios de viabilidad, primeros croquis y estimaciones. Aquí se sentarán las bases del futuro proyecto a modelar, ejecutar y mantener.

¹⁵ **PMI.** *Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos.* Pensilvania: Project Manage Institute.

¹⁶ **Chobot, Martín.** Autodesk University. [En línea] AUTODESK. [Citado el: 19 de noviembre de 2018.] <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/BIM-and-FM-Stories-Field-Practical-Guide-Lifecycle-BIM-2012>.

- **2D = El boceto:**

En esta dimensión se prepara el software para modelar; se plantean los materiales; se definen cargas estructurales y energéticas; y se establecen las bases para la sostenibilidad del proyecto.

- **3D = Modelo de información del edificio**

A partir de toda la información recopilada se genera el modelo 3D que servirá como base para el resto del ciclo de vida del proyecto. Es más que una representación gráfica de la idea. El modelo 3D no solo es algo visual, sino que incorpora toda la información que se necesitará para las siguientes fases

- **4D = Tiempo:**

En esta dimensión se analizará la planificación temporal de la obra, a lo que hasta ahora podría considerarse algo estático se le aporta la dimensión del tiempo. De modo que se pueda definir las fases del proyecto, establecer su planificación temporal; así como realizar simulaciones de parámetros temporales -ciclo de vida, sol, viento, energía, etc.

- **5D = Coste:**

Aquí se abarca el control de costes y estimación de gastos de un proyecto. Va directamente relacionado a mejorar la rentabilidad del proyecto, por lo que permite controlar el coste total del ciclo de vida y almacenar información exacta durante su uso.

- **6D = Simulación:**

Esta dimensión en ocasiones llamada Green BIM o BIM verde, simula el comportamiento de los sistemas de ahorro energético y la gestión de recursos, entregando información fundamental para la toma de decisiones. Gracias a esto es posible seleccionar las mejores técnicas y tecnologías para cada proyecto, optimizando el consumo de energía y reduciendo lo más posible los daños al medio ambiente.

- **7D = Manual de instrucciones:**

Se trata del manual que hay que seguir durante la vida del proyecto, una vez construido, para el uso y mantenimiento del mismo -inspecciones, reparaciones, mantenimientos, etc.¹⁷.

¹⁷ Ortega, Borja S. *Definiciones en Entorno BIM*. Navarra: Espacio BIM.

Figura 5. Dimensiones de trabajo BIM



Fuente: BIM Barcelona, <http://www.bimbarcelona.com/bim-es-el-presente-no-el-futuro/>

2.3 ESTADO DEL ARTE

2.3.1 Implementación y uso de BIM en el mundo actualmente

Durante la última década, la metodología BIM se ha implantado de forma progresiva en diferentes países, siendo para algunos de ellos objetivo prioritario de sus Administraciones Públicas, las cuales han impuesto o valorado su uso en obra pública, siguiendo la recomendación de la Directiva Europea de Contratación Pública 2014/24/UE. En España, el Ministerio de Fomento creó en 2015 la Comisión Nacional, que está analizando cómo implementar BIM en el sector y como introducirlo en las licitaciones públicas¹⁸.

¹⁸ **ES.BIM. Implementación BIM.** España: BIM SAMRT, 2015.

Figura 6. Uso de BIM alrededor del mundo



Fuente: Building Smart <https://www.buildingsmart.es/bim/qu%C3%A9-es/>

En los países centroamericanos y sudamericanos la implantación BIM va más lenta, sin embargo, en grandes proyectos se empieza a utilizar como es el caso de la coordinación BIM del proyecto que se está llevando a cabo en la ciudad de Bogotá torres ATRIO realizado por diferentes firmas de ingeniería como WSP, equipo Mazzanti, Arpro, ARUP etc. Actualmente, están adoptando el uso de BIM en dimensiones 4D, 5D y hasta 6D con la intención de disminuir un 30% sus costes a lo largo del ciclo de vida de una edificación. En EE.UU. son pioneros en esta metodología desde el 2003 con su Programa Nacional 3D-4D BIM y llevan años expandiendo el BIM en grandes proyectos públicos los cuales poseen diversos protocolos BIM según sus estados, diversas rutas y estándares para el ciclo de vida de un edificio. Por otro lado, en Canadá no ha sido hasta el 2015 que ha impuesto estándares BIM en su gobierno¹⁹.

Se piensa que el camino hacia el uso de BIM en la cadena de valor y aumento de productividad es absolutamente necesaria e inevitable para la coordinación de proyectos en un futuro. Sin embargo, en los países latinoamericanos, existe la concepción errónea de que el uso de BIM es costoso y solamente para proyectos

¹⁹ **Sanz, María José.** Arquitectura y Empresa. [En línea] A Y E, 9 de Septiembre de 2017. [Citado el: 15 de noviembre de 2018.] <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/bim-en-el-mundo-implantacion-de-la-nueva-metodologia-en-el-sector-de-la-arquitectura>.

de cierto nivel hacia arriba vale la pena implementarlo. Esto es falso, ya que la tecnología es cada vez más barata y asequible a la mayoría de los usuarios (softwares, hardware e internet). El principal problema es la capacidad técnica instalada de capital humano para implementarla de la manera más óptima²⁰.

En esa medida cuando se habla de metodologías BIM, es necesario recurrir a las diferentes dimensiones que lo componen, pues cada una de ellas engrandece el modelo BIM, al incorporarle como bien lo instituye Duque (2017) tiempos de ejecución o costes como es el caso de las dimensiones 4 y 5.

Al emplear las tecnologías de la dimensión 4, se puede vincular una línea de tiempo al modelo BIM, incorporando este factor a cada actividad y permitiendo visualizar como se desarrollará el proyecto, por lo tanto si el proyecto tiene diferentes alternativas de diseño se puede ir comprobando que opciones son más viables y cuales optimizan más el proceso; asimismo si a los elementos a los que se le asignan los tiempos de ejecución además se le añaden parámetros específicos como puede ser el tiempo de fraguado al hormigón, se obtendrá una planificación precisa donde poder apoyar la toma de decisiones de la gestión.

Por otro lado La gestión de costes (5D) es otro aspecto esencial en la construcción, en ese sentido BIM, permite vincular unos costes al modelo, los cuales proveerán la cantidad de materiales que son necesarios para construir el modelo²¹.

2.3.2 BIM 4D: la dimensión temporal del BIM

En el estudio investigativo titulado “BIM 4D: la dimensión temporal del BIM” (Biblus 2015), se evidenciaron las ventajas que la cuarta dimensión de BIM aportaba, pues con el BIM 4D los objetos, además de las tres dimensiones espaciales (3D BIM), también asumen la dimensión temporal

Es así como la dimensión temporal en el BIM, identifica todas las acciones relacionadas con la planificación de las actividades o el cronograma de la obra. Gracias a la cuarta dimensión del BIM, todos los participantes pueden ver y seguir el avance de las actividades.

En el control de los tiempos de ejecución, el BIM puede proporcionar datos que pueden ser utilizados por las aplicaciones dedicadas a la gestión de trabajos, lo que permite la optimización de la planificación y gestión de los proyectos y la ejecución en la obra.

²⁰ **Guarello, Fernando.** BIM en el Mundo Implantación de las Nuevas Tecnolgias. Chile: s.n., 2018.

²¹ **Duque, Ana Montilla.** INESEM. <https://revistadigital.inesem.es/disen-y-artes-graficas/bim-4d-5d/>.

2.3.2.1 Ventajas del BIM 4D

El modelo BIM integrado con el diagrama de Gantt proporciona datos relacionados con las partes del proyecto o las familias de objetos, permitiendo:

- verificar cuáles actividades serán gestionadas y en que tiempos,
- desarrollar escenarios de análisis para actividades específicas y tiempos relacionados,
- obtener una visión general constantemente actualizada del avance de la obra y el tiempo relativo.

Conectado inteligentemente al modelo tridimensional, el técnico puede crear un Timeline (barra temporal), analizar visualmente los proyectos, avanzar y retroceder en el tiempo y realizar cambios rápidamente.

2.3.2.2 Modelación 4D en un software BIM

La modelación 4D se refiere al tiempo de ejecución; puede usarse para nuevos proyectos de construcción y es particularmente útil en el diseño arquitectónico de rehabilitaciones. El modelo BIM 4D permite identificar las actividades realizadas para un objeto específico a lo largo del tiempo con un simple clic o, por el contrario, identificar inmediatamente todos los objetos sobre los que se ha planificado una actividad específica. La nueva función TimeLine permite ver la evolución temporal del modelo BIM en relación con las actividades incluidas en el programa de construcción. Finalmente, será posible asociar fácilmente la propiedad “*tiempo*” con cada objeto del modelo BIM y visualizar en el proyecto la TimeLine también en el tiempo real²².

²² Redacción Biblias. Blus. <http://biblus.accasoftware.com/es/bim-4d-la-dimension-temporal-del-bim/>.

Figura 7. Integración BIM 4D en un proyecto de Edificación



Fuente: BibLus <http://biblus.accasoftware.com>

2.3.3 BIM 5D: Gestión de costes

Permite añadir datos acerca de las estimaciones precisas de costes en un modelo de información visual, sobre la base de este modelo de datos multidimensional, la quinta dimensión, hace posible un nivel de seguridad en términos de costo, diseño y programación que nunca antes se había visto en la industria de la construcción y lo hace en una etapa temprana del proceso. La información faltante y los conflictos más allá de los intercambios y disciplinas individuales se pueden identificar ya en la etapa de diseño. Esto ayuda a evitar costosos errores de construcción y a planificar mejoras sin afectar el tiempo de construcción programado.

2.3.3.1 Costos reales y eficiencia

El modelo virtual admite una visualización detallada del desarrollo de costos en respuesta a cambios o adaptaciones; permite determinar los costos con un mayor grado de precisión, estimando de manera óptima las necesidades de recursos (material, mano de obra, tiempo) para cada proceso y para todo el proyecto.

Los problemas estructurales se pueden identificar en el modelo mucho antes de la realización y se pueden resolver con un costo real y un gasto de tiempo más bajo.

Una extensa base de datos simplifica la gestión del espacio y la planificación del mantenimiento, la gestión de la energía y todos los trabajos de renovación o conversión sin interrupción de las operaciones, lo que reduce los costos²³.

2.3.3.2 Ventajas de BIM 5D

Una de las muchas ventajas de trabajar en BIM 5D es la capacidad de estimar el coste del modelo en sí, de manera que cualquier cambio en el diseño del mismo quedará reflejado en el presupuesto. El cronograma del proyecto procedente del 4D, integra una serie de modelos interdisciplinares de actuación equipados con datos como la estructura, el coste del trabajo, la secuencia del flujo del mismo, el proceso de diseño y la construcción. El posterior análisis del modelo con el fin de deducir todo el potencial y riesgo se produce en BIM 5D, de manera simultánea durante la construcción y el 4D, (justo en la fase de programación secuencial previa a la construcción).

- Gracias al modelo gráfico y los atributos de los datos desarrollados, los gestores de cobro pueden determinar rápidamente la cantidad de un componente en particular y aplicar las tasas a las cantidades necesarias para llegar al coste total de ese paquete
- Para todas las personas que participan en la entrega de proyectos, el 5D BIM es una gran ventaja. Especialmente para los gestores, cuya labor es crucial al realizar una planificación de costes, tanto en la fase inicial como en la final de un proyecto. Esto se produce a partir del asesoramiento y análisis de cada diseño y que variará a lo largo del ciclo de vida de cada construcción.
- El gestor BIM 5D posee la ventaja de rediseñar el diseño para poder desarrollarlo de diferentes maneras, ofreciendo una retroalimentación acorde con las variaciones estimadas y con nuevas sugerencias de corrección.
- Junto con el programa y los datos 4D BIM, ahora se puede predecir lo que realmente se ha gastado en el transcurso del proyecto. Se habla de una importante contribución de cara al presupuesto mensual y al consiguiente informe de costes²⁴.

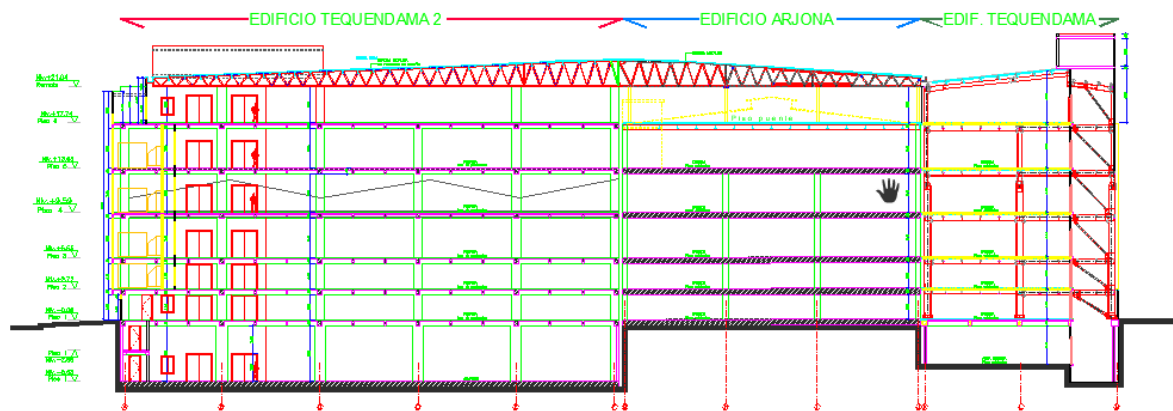
²³ **ZUBLIN STRABAG.** *How Teams Works - BIM 5D We are building the future.* BIM 5D ZULBIN STRABAG, 2018.

²⁴ **BIM Community.** *What does BIM 5D mean for cost managers?* Londres - Inglaterra: Zigurat, 2018.

2.3.4 Identificación caso de estudio Edificio Tequendama II - Permoda

El edificio Tequendama II será un espacio diseñado primordialmente para uso industrial y de oficinas en los niveles superiores, cumpliendo con la necesidad evidenciada de la empresa Permoda por expandir sus instalaciones donde tiene personal de diferentes áreas de operación de la industria textil.

Figura 8. Corte longitudinal arquitectónico - Fachada



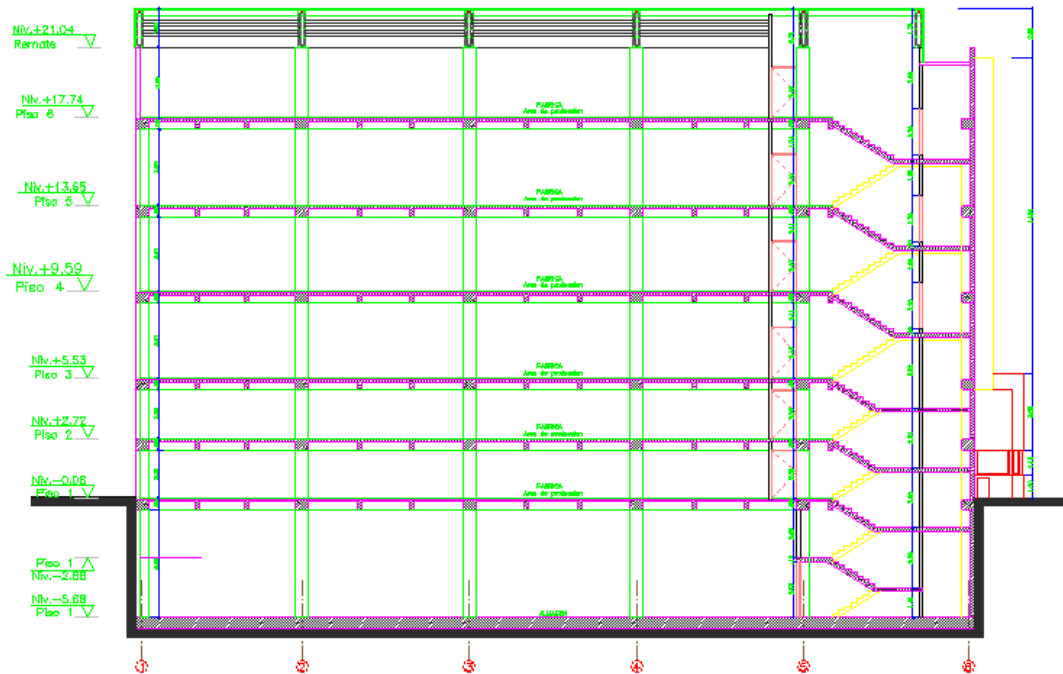
Fuente: Planos Arquitectónicos – SGC Arquitectos SAS

El proyecto actualmente se encuentra en proceso de revisión y posterior aprobación de los planos estructurales para la solicitud de la licencia de construcción, el lote en donde se realizará la construcción pertenece al patrimonio de la empresa Permoda LTDA dedicada al diseño, confección y comercialización de productos textiles a nivel nacional e internacional²⁵. El proyecto arquitectónico presentado fue realizado por la empresa SGC Arquitectos SAS y los planos estructurales fueron realizados por la firma de consultoría ASCHER CONSULTORES²⁶. Se tomó este proyecto como caso de estudio debido a que mediante la recopilación de información obtenida como lo es los planos arquitectónicos y estructurales se logra consolidar una buena base de trabajo con información inicial primordial para realizar la implementación BIM 4D y 5D del proyecto.

²⁵ **Permoda LTDA.** Permoda.com. [En línea] 2018. <http://www.permoda.com.co/>.

²⁶ **ASCHNER CONSULTORES.** aschner.com. [En línea] 2018. <http://aschner.com.co/>.

Figura 9. Corte transversal arquitectónico - Fachada



Fuente: Planos Arquitectónicos – SGC Arquitectos SAS

2.3.4.1 Ficha técnica de la edificación

- 14.200 m² de construcción aproximado
- Sistema de cimentación profunda (pilotes y muros pantalla)
- Sistema de pórticos en concreto
- Cubierta en estructura metálica (aún no ha sido aprobada)
- Ascensores de servicio y de carga
- Zona de descargue de vehículos pesados en el primera planta
- Cafeterías y zonas de esparcimiento
- Bodegas para almacenamiento en las primeras plantas

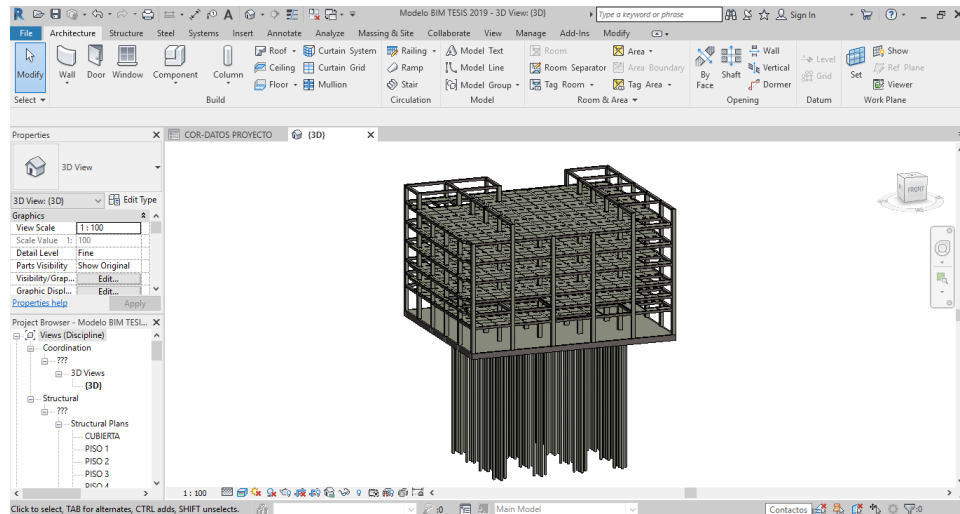
2.3.4.2 Ubicación

El proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá D.C específicamente en el barrio Montevideo Cra 69F- Calle 20, esta zona se caracteriza por ser una zona industrial.

2.3.5 Dimensionamiento del modelo Revit

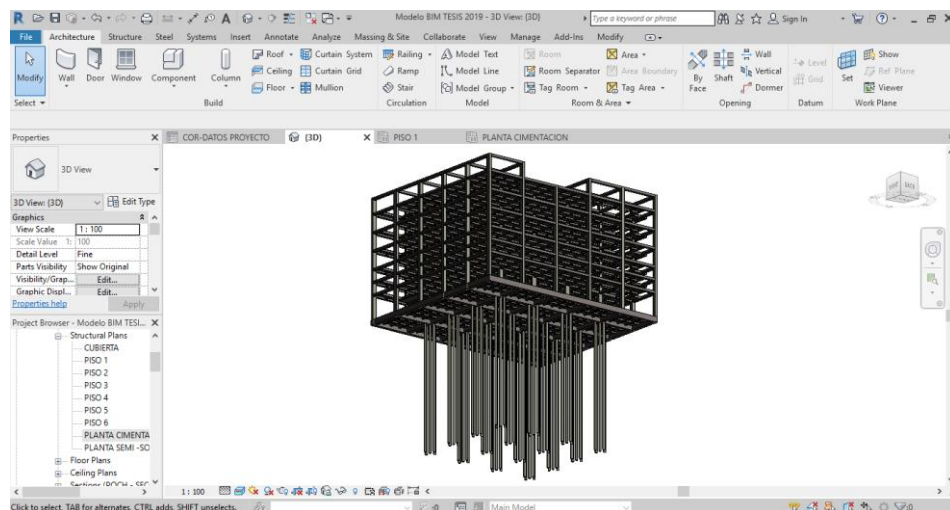
Para la modelación en Revit se utilizó la última actualización de este software el cual es Revit 2019, se realizó un previo pre-dimensionamiento de los elementos estructurales que componen el edificio para tomarlos como plantilla de trabajo a partir de los planos 2D para la ejecución del modelo.

Figura 10. Modelo Revit – Vista frontal



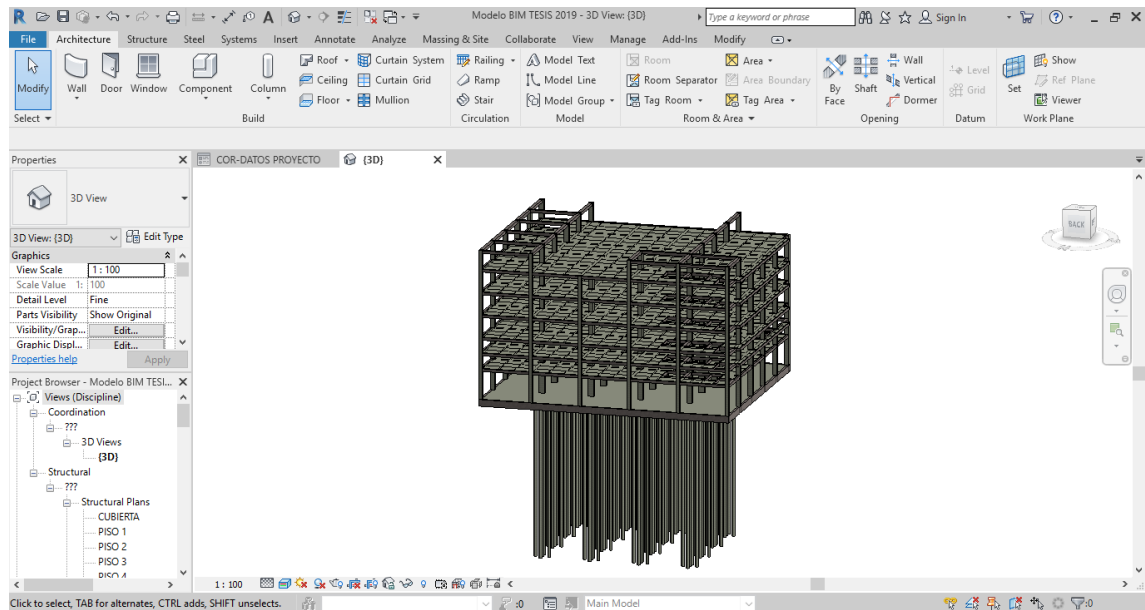
Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Modelo Revit – Vista Inferior - Cimentación



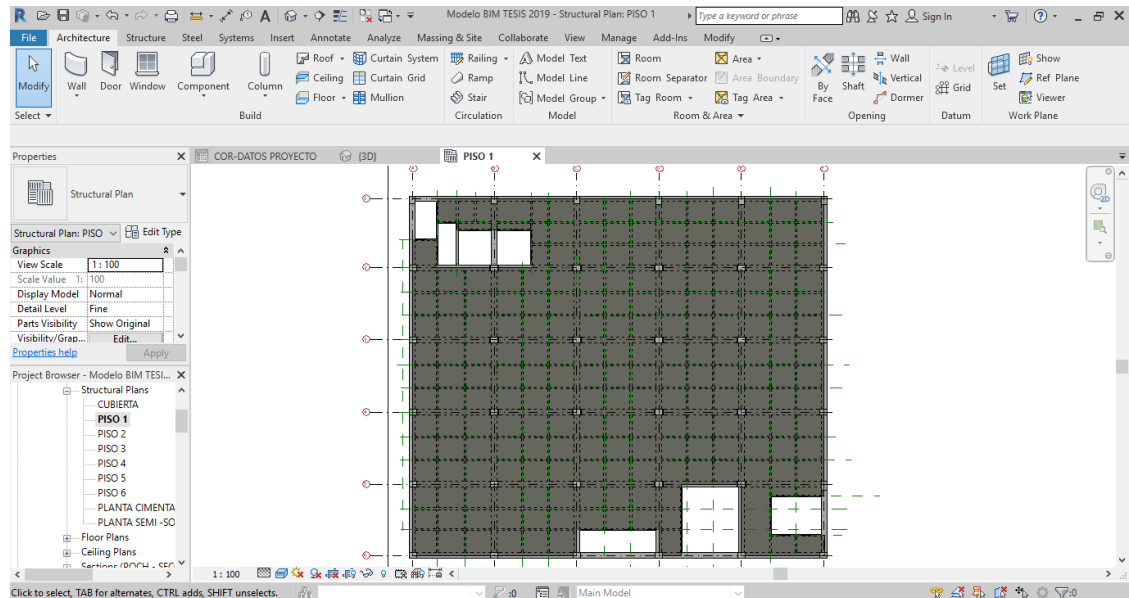
Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Modelo Revit – Vista Trasera



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Modelo Revit – Vista en Planta - Piso 1



Fuente: Elaboración propia

3. METODOLOGÍA

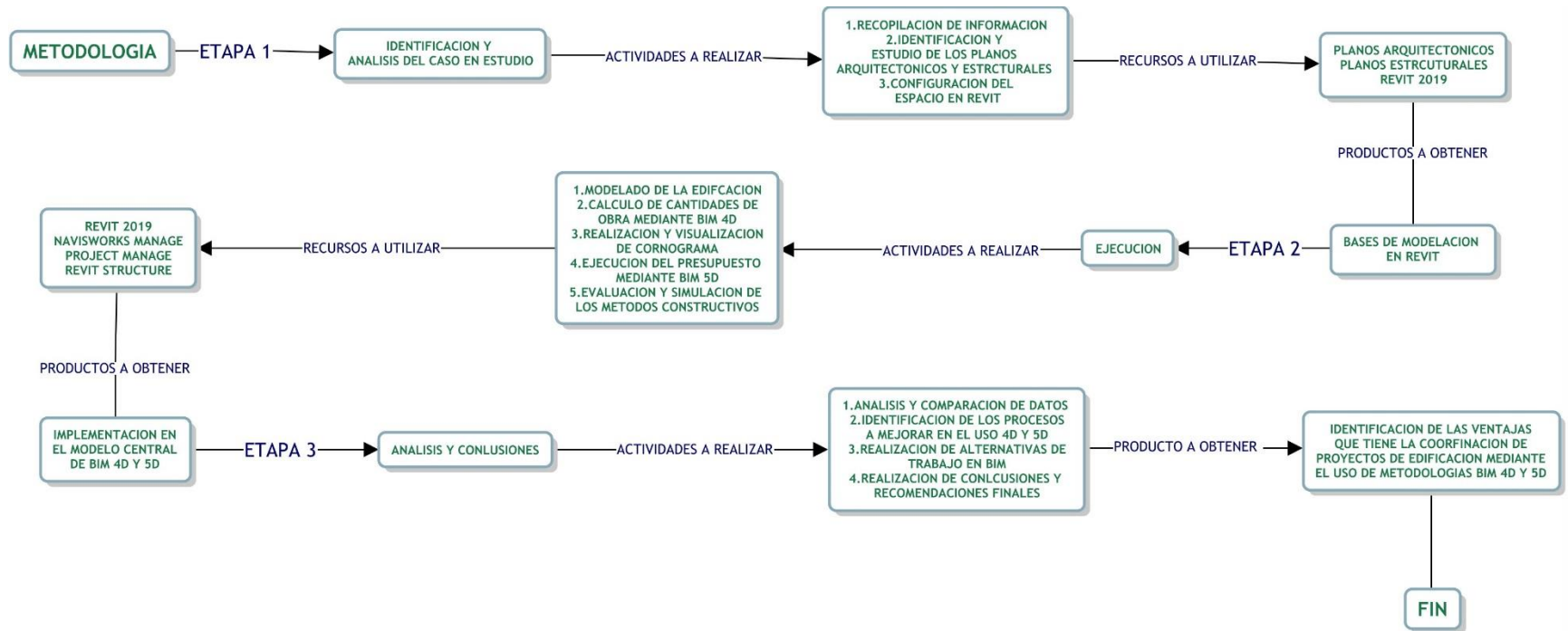
3.1 METODOLOGÍA A EMPLEAR

Tabla 1. Etapas de la metodología

FASES DE LA METODOLOGIA A EMPLEAR		
ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3
ANALITICA Y DE IDENTIFICACION	EJECUCION	ANALISIS Y CONCLUSIONES
1. Recopilación de información de proyectos anteriores en los cuales se halla hecho uso de este tipo de metodologías para realizar correctamente la configuración paramétrica del modelo de la edificación en estudio	1. Aplicación del procedimiento planteado anteriormente, para la correcta modelación del Edificio Tequendama II - Permoda	1. Análisis y comparación de datos mediante las fases propuestas para la ejecución del proyecto
2. Identificación y estudio de los planos arquitectónicos y estructurales	2. Modelado de la edificación en base a los planos arquitectónicos y estructurales previamente identificados	2. Identificación de los procesos a mejorar en la utilización BIM 4D y 5D
3. Realización de diagnóstico que permita identificar un claro orden del procedimiento de modelado en Revit de la edificación, mediante herramientas como Capas de trabajo, Familias de elementos etc.	3. Calculo de cantidades de obra de la edificación mediante software como Revit o Revit Structure	3. Realización de alternativas para la correcta implementación de las metodologías BIM un proyecto de edificación
	4. Simulación de fases del proyecto, tiempos de actividades y visualización de cronograma mediante la utilización BIM 4D en software como Navisworks Manage	
	5. Ejecución del presupuesto del proyecto para la etapa de construcción de la edificación mediante la implementación 5D	4. Concluir mediante los análisis, simulaciones y mediciones realizadas como se puede aprovechar de mejor forma el uso de la metodología BIM en los proyectos tomando como base de investigación el proyecto Edificio Tequendama II-Permoda
	6. Soluciones y simulaciones de los métodos constructivos propuestos a emplear mediante metodología BIM 4D y 5D	

Fuente: Elaboración propia

3.2 ESQUEMA - FLUJO DE TRABAJO



Fuente: Elaboración propia

4. INTEGRACION BIM 4D Y 5D AL CASO DE ESTUDIO

Para realizar una correcta integración BIM 4D y 5D en los proyectos es importante identificar los pasos previos a dicha integración de nuestro modelo, ya que es de gran importancia ejecutar correctamente estos procesos, los cuales posteriormente harán parte de toda la información necesaria para efectuar de la manera más óptima el modelo en Navisworks Manage. Dichos procesos preliminares a la integración del tiempo (BIM 4D) y costos (BIM 5D), empiezan desde el momento inicial de las configuraciones paramétricas del modelo Revit como por ejemplo identificación de familias, nivel de detalle (LOD) que para este caso de estudio se ha establecido en **LOD350**, identificación del proceso constructivo a simular, cálculo de cantidades y rendimientos de obra. Toda esta información es de vital importancia en la vinculación de la línea de tiempo y gestión de costos del proyecto ya que la programación y la planificación de las tareas es fundamental en el proceso constructivo para así conseguir que este sea de calidad y de la misma manera eficiente, y a su vez el control de costos es de especial relevancia en el desarrollo de las obras, donde se pueden generar informes y reportes de los avances o retrasos en los procesos constructivos que se lleven a cabo en obra²⁷.

4.1 PROCEDMIENTOS PREVIOS A LA VINCULACION BIM 4D Y 5D

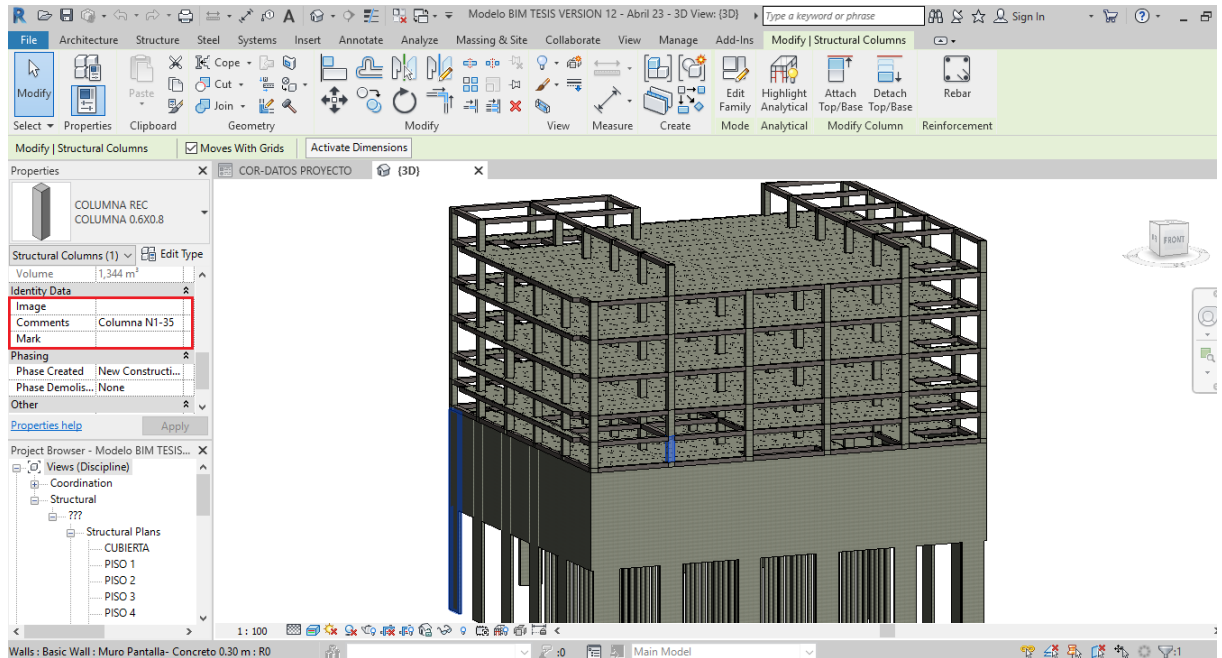
A continuación, se desarrollará la aplicación de la metodología planteada para la obtención de toda la información indispensable en la vinculación 4D Y 5D.

4.1.1 Asignación de comentarios

La asignación de comentarios en las propiedades de cada elemento del modelo Revit es un procedimiento inicial importante ya que de este depende la clasificación de los elementos. Gracias a esto se logra diferenciar cada componente para posteriormente igualar esas asignaciones a las tareas que se definen en Project. La asignación de comentarios se realiza como se aprecia en la siguiente figura en el modelo de Revit. En la sección de identidad del elemento en esta caso (Identity Data) se encuentra la sección de comentarios (Comments) allí es donde se asigna el nombre al elemento, cabe recalcar que es importante simplificar esa asignación a nombre cortos y fáciles de diferenciar ya que se debe realizar una asignación a cada elemento del modelo.

²⁷ *Gestión BIM 4D y 5D: planificación temporal y gestión de costes. Duque, Ana.* Granada: s.n., 2017.

Figura 14. Asignación comentarios



Fuente: Elaboración propia

En proyectos muy grandes la tarea de la asignación de comentarios se hace algo tediosa, más que todo en elementos que no se puedan agrupar debido al proceso constructivo elegido que se quiera simular en 4D y 5D.

4.1.2 Calculo de cantidades de obra

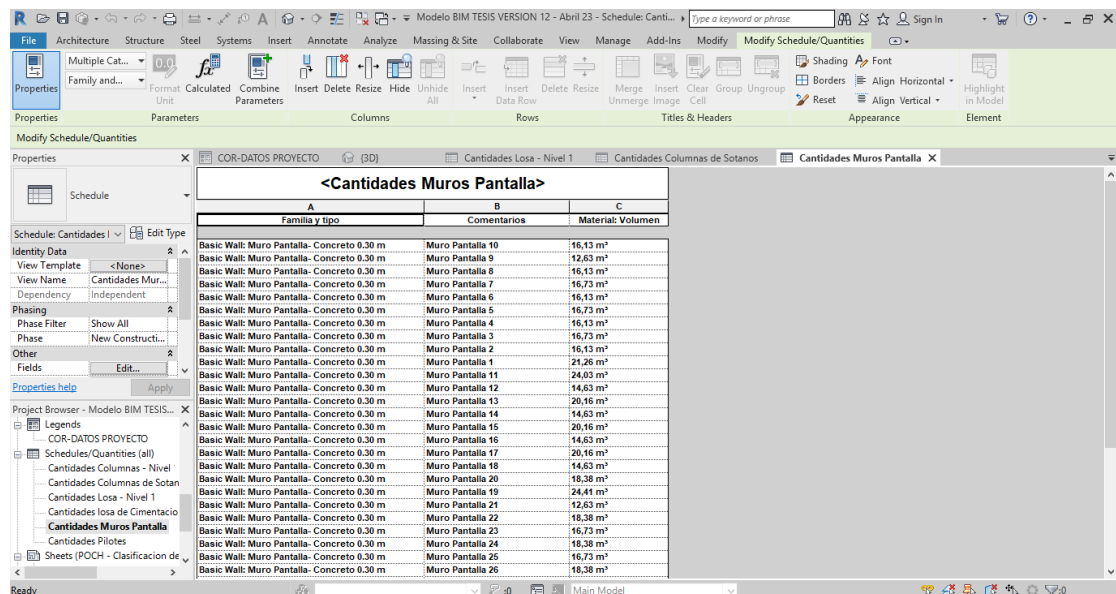
El cálculo de cantidades de obra es uno de los procedimientos más importantes que se debe llevar a cabo en la planificación y gestión de costos de una obra y más aún si se trata de proyectos de gran magnitud. Si la cuantificación de una obra tiene 10% de error, el presupuesto tendrá cuando menos 10% de error. Entonces, si se sobreestiman los costos en un presupuesto, se perderá muy probablemente las posibilidades de ganar la adjudicación de la obra; si por el contrario se subestiman, se perderá dinero. Lamentablemente la cuantificación de las cantidades de obra tiene muchas complicaciones para lograr ser precisa. Por ejemplo: es terriblemente aburrida, necesita una infinidad de cálculos, y los subtotales en la suma se omiten

o duplican con facilidad debido a la cantidad exorbitante de elementos²⁸. Es aquí cuando la utilidad de las herramientas que ofrece el mundo BIM es imperativa ya que facilita mediante diferentes softwares en este caso Revit todos estos inconvenientes que se presentan en la cuantificación.

4.1.2.1 Herramienta tablas de planificación (Schedule/Quantities)

Esta herramienta se puede encontrar en Revit y se ubica en la parte superior en la ventana (Analyze) o en el (Project Browser) que se encuentra ubicado en la parte izquierda del modelo, opción tablas de planificación (Schedule/Quantities) posteriormente se elige la opción (Material Takeoff) y se debe seleccionar la información para que Revit totalice²⁹. Esto permite obtener cantidades exactas de cada uno de los elementos que se encuentren en el modelo y en las unidades que se configuren para que muestre la información. Esta herramienta no solo permite obtener cantidades sino que gracias a la opción de filtros facilita la interpretación de la información que contiene cada elemento; como por ejemplo a qué nivel se encuentra asociado, familia y tipo de elemento, si es estructural o arquitectónico, volumen, área, peso, comentario asignado etc.

Figura 15. Cantidades herramienta (Schedule/Quantities)



The screenshot shows the Revit Schedule/Quantities tool interface. The main window displays a table titled "<Cantidades Muros Pantalla>". The table has three columns: A (Familia y tipo), B (Comentarios), and C (Material: Volumen). The table lists 26 rows of wall data, each with a description, a wall name, and a volume.

A	B	C
Familia y tipo	Comentarios	Material: Volumen
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 10	16,13 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 9	12,63 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 8	16,13 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 7	16,73 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 6	16,13 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 5	16,73 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 4	16,13 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 3	16,73 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 2	16,13 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 1	21,26 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 11	24,03 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 12	14,63 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 13	20,16 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 14	14,63 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 15	20,16 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 16	14,63 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 17	20,16 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 18	14,63 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 20	18,38 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 19	24,41 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 21	12,63 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 22	18,38 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 23	16,73 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 24	18,38 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 25	16,73 m³
Basic Wall: Muro Pantalla- Concreto 0.30 m	Muro Pantalla 26	18,38 m³

Fuente: Elaboración propia

²⁸ **Buscador de Arquitectura MX.** Arq.com.mx. [En línea] 6 de 09 de 2017. <http://noticias.arq.com.mx>

²⁹ **Revit Mundo BIM.** Como obtener cantidades para presupuestos, a partir de un Modelo Revit. Chile: 2018.

Es importante mencionar que para generar exactitud en la totalización y cuantificación de cantidades debe estar bien modelado cada elemento, con bien modelado se hace referencia a que cada componente tiene que tener establecido las propiedades exactas correspondientes del mismo, por ejemplo un elemento estructural, una columna debe estar modelada desde el nivel base y el nivel tope correspondiente de lo contrario en el cálculo de cantidades de volumen de concreto se sumaría dos veces o quedaría asociado al nivel que no corresponde.

Nota: ver anexo 9.4 archivo de Excel en el cual se encuentran todas las cantidades del proyecto Edificio Tequendama II exportadas desde Revit.

4.1.3 Estimación de rendimientos y tiempos de obra

Una vez obtenidas las cantidades de obra mediante el software Revit se deben establecer los rendimientos de obra que se le asignara a cada tarea de la planeación constructiva. En este procedimiento se define la duración en días de cada proceso constructivo que se llevara a cabo en obra y que cantidad de personal estará asignado a dicho proceso, cabe mencionar que los rendimientos de obra dependen de muchos factores, cada proyecto de construcción es diferente y se realiza en diversas condiciones, derivándose en diferentes factores que influyen positiva o negativamente en los rendimientos del personal como por ejemplo aspectos laborales, clima, equipamiento, supervisión, eficiencia de productividad etc.³⁰.

Como la finalidad de este proyecto de grado es integrar e identificar las ventajas de BIM, específicamente 4D y 5D, el cálculo de rendimientos de obra no se realizó tan minuciosamente como debería hacerse involucrando los factores mencionados anteriormente, sin embargo a partir de bases de datos ya establecidas se efectuó una aproximación real de los rendimientos de obra para cada cuadrilla compuesta por maestros, oficiales y ayudantes, dicha base de datos fue tomada de la revista Construdata la cual realizó un informe especial sobre el tema correspondiente a la mano de obra, dicho documento es referenciado al final de este proyecto.

Nota: ver anexo 9.4 archivo de Excel en el cual se encuentra la asignación de las cuadrillas a las actividades constructivas así como el cálculo de la duración en días de las mismas.

³⁰ **Botero, Luis Fernando.** *Análisis de Rendimientos.* Universidad EAFIT, 2002.

4.1.4 Estimación de costos del proyecto

La estimación de costos y para la elaboración de presupuestos, representa uno de los pasos más importantes en lo que se refiere la planificación de una obra. En cada fase de la construcción que se lleve a cabo, el presupuesto representa la base para la toma de decisiones, es el factor más importante en la adjudicación de contratos. Actualmente, la gran competitividad en el sector de la construcción, hace que la estimación de costos sea una de las causas de éxito o fracaso de empresas³¹.

Para la vinculación BIM 5D al modelo es necesario calcular cada uno de los APU correspondientes a las actividades constructivas a realizar, en el que se considere el costo respectivo de los materiales, los equipos y la mano de obra. Para poder realizar estos APU es necesario tener toda la información final del proyecto lo cual no es posible en este caso debido a que el alcance del proyecto es solo estructural y aun así no se tiene la información final del mismo, no obstante con dicha información es posible realizar una estimación de los APU mediante bases de datos establecidas, específicamente en la página web generador de precios unitarios de Colombia.

Figura 16. APU - Muros pantalla

← → ↻ ⓘ No seguro | www.colombia.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=0|0|2|CCP020|ccp_muro%20c_lodo%20_0_0_1|hormigon%20pantallas_ccp_020c15_0_1c4_0... ☆ ⓘ

Generador de Precios.Colombia © CYPE Ingenieros, S.A. Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción Google Busqueda personalizada

Exportación: FIE BDC \$ 279.069,22

Análisis de precios unitarios

Obra nueva
Rehabilitación
Espacios urbanos

0 Actividades preliminares
D Demoliciones
A Acondicionamiento del terreno

Cimentaciones

CP Profundas
CH Semiprofundas
CR Regularización
CE Cabezales
CC Contenciones

CCP Muros pantalla

Ud Transporte, puesta en obra y retirada de máquina pantalladora
Ud Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo de lodos tixotrópicos (bentonita)
m Murete guía para muro pantalla
m² Muro pantalla de concreto armado, sin lodos
m² Muro pantalla de concreto armado, con lodos
m³ Mortero pobre de cemento, como base de murete guía y relleno de oquedades en muros pantalla
m² Reparación de la excavación de bataches en muros pantalla
h Perforación con trépano en muros pantalla
h Perforación en roca o capas duras del terreno para muros pantalla

CCP020 m² Muro pantalla de concreto armado, con lodos.

Muro pantalla de concreto armado de 35 cm de espesor y hasta 14 m de profundidad, o hasta encontrar roca o capas duras de terreno, realizado por bataches de hasta 1,70 m de longitud, excavados en terreno cohesivo sin rechazo en el SPT, estabilizado mediante el uso de lodos tixotrópicos; realizado con concreto f_c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad fluida, fabricado en planta, y fundido desde camión, con fundido continuo a través de tubo Tremie, y acero Grado 60 (fy=42000 kg/cm²), con una cuantía aproximada de 30 kg/m². Incluso alambre de amar y separadores. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1		Materiales			
mt07aco020l	Ud	Separador homologado para muros pantalla.	2,000	174,04	348,08
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=42000 kg/cm²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	31,500	1.887,13	59.514,60
mt00var050	kg	Alambre galvanizado para amar, de 1,30 mm de diámetro.	0,330	2.139,94	706,18
mt10hat050qba	m³	Concreto f _c =210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad fluida, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.	0,451	312.947,87	141.139,49
		Subtotal materiales:			201.008,35
2		Equipo			
mq03pee060mf	h	Equipo para excavación de muro pantalla de 35 cm de espesor y hasta 14 m de profundidad, excavación con uso de lodos tixotrópicos, en terreno cohesivo sin rechazo en el SPT, realizada por bataches de 1,70 m de longitud.	0,352	88.807,27	31.260,16
mq07gle010c	h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.	0,101	136.676,45	13.804,32
mq03lod010	h	Equipo para lodos de perforación: desarenadores de lodos, mezcladores de lodos, bombas de lodos, deslimadores y depósitos de almacenamiento.	0,402	16.944,83	6.811,82
		Subtotal equipo:			51.876,30
3		Mano de obra			
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0,269	21.914,07	5.894,88
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0,370	16.294,78	6.025,37
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0,101	21.914,07	2.213,32
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0,404	16.294,78	6.579,05
		Subtotal mano de obra:			20.712,62
4		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2,000	273.597,27	5.471,95
		Coste de mantenimiento decenal: \$ 11.162,77 en los primeros 10 años.			
		Costos directos (1+2+3+4):			279.069,22

Pliego de condiciones

ÍTEM CCP020: MURO PANTALLA DE CONCRETO ARMADO, CON LADOS.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN EL ÍTEM.

Fuente: <http://www.colombia.generadordeprecios.info>

³¹ Aguirre, Carlos Andrés. *Costos y presupuestos*. Santiago de Cali: SENA, 2014.

Figura 17. APU - Pilotes

No seguro | www.colombia.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=2|0|2|CPI030|pilotes%20pci_3;_0_0_0_465|hormigon%20pilotes_cpi_030;c15_0_1c5_0|ac...

Generador de Precios.Colombia

© CYPE Ingenieros, S.A.

Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción

Google Busqueda personalizada

Análisis de precios unitarios

Obra nueva

Rehabilitación

Espacios urbanos

Actividades preliminares

Demoliciones

Acondicionamiento del terreno

Cimentaciones

CP Profundas

CPI Pilotes "in situ"

Ud Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo para perforación de pilotes

m Pilote de desplazamiento con azúche

m Pilote de desplazamiento con tapón de gravas

m Pilote de extracción con entubación recuperable

m Pilote de extracción con camisa perdida

m Pilote perforado sin entubación con lodos tixotrópicos

m Pilote barrenado sin entubación

m Pilote barrenado y fundido por tubo central de barrena

m Descabezado de pilote de concreto armado

CPP Pilotes prefabricados

CPH Micropilotes

CPT Caissons

CPZ Pilotes-pantalla (barrettes)

CM Semiprofundas

CR Regularización

CE Cabezales

Ampliar

Ocultar los capítulos

Enviar sugerencia

CPI030 m Pilote de desplazamiento con tapón de gravas.

Pilote de cimentación de concreto armado de 55 cm de diámetro, para grupo de pilotes. Ejecutado por desplazamiento de tierras mediante golpeo contra un tapón de gravas con maza que se desliza en el interior de una entubación recuperable, con espesor del tapón de tres veces el diámetro exterior de la entubación y formado por concreto de manejabilidad seca f'c=210 kg/cm² (21 MPa), tamaño máximo del agregado 19 mm, manejabilidad seca, y posterior fundido continuo del pilote. Realizado con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12.5 mm, manejabilidad plástica, fabricado en planta, y fundido desde camión a través de tubo Tremie, y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), con una cuantía aproximada de 5.65 kg/m. Incluso alambre de atar y separadores. El precio incluye el transporte, la instalación, el montaje y el desmontaje del equipo mecánico, el figurado del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra.

Código

Unidad

Descripción

Cantidad

Valor unitario

Valor parcial

1

Materiales

mt07aco020m Ud Separador homologado para pilotes.

mt07aco060a kg Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.

mt08var050 kg Alambre galvanizado para atar, de 1.30 mm de diámetro.

mt10hat050qbe m² Concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12.5 mm, manejabilidad plástica, fabricado en planta, según NSR-10 y ACI 318.

2

Equipo

mq03pil103a h Equipo completo para perforación de pilote de desplazamiento con tapón de gravas.

3

Mano de obra

mo043 h Oficial 1º armador de concreto.

mo090 h Ayudante armador de concreto.

mo045 h Oficial 1º cementador de concreto armado.

mo092 h Ayudante cementador de concreto armado.

4

Herramienta menor

% Herramienta menor

Coste de mantenimiento decimal: \$ 4.033.38 en los primeros 10 años

Subtotal materiales:

0.271 247.027.11 66.944.35

Subtotal equipo:

0.044 21.914.07 964.22

0.063 16.284.78 1.025.94

1.101 21.914.07 24.127.39

1.101 16.284.78 17.929.54

Subtotal mano de obra:

2.000 197.709.81 3.954.20

Costos directos (1+2+3+4):

201.664,01

Pliego de condiciones

ÍTEM CPI030: PILOTE DE DESPLAZAMIENTO CON TAPÓN DE GRAVAS.

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN EL ÍTEM.

Dependiendo de la agresividad y el nivel freático del terreno, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del concreto, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Fuente: <http://www.colombia.generadordeprecios.info>

Figura 18. APU - Losa de cimentación

←

→

↻

No seguro

www.colombia.generadordeprecios.info/obra_nueva/Cimentaciones/Superficiales/Losas/Losa_de_cimentacion.html

Generador de Precios.Colombia

© CYPE Ingenieros, S.A.

Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción

Google Busqueda personalizada

Analisis de precios unitarios

Obra nueva

Rehabilitación

Espacios urbanos

0 Actividades preliminares

0 Demoliciones

A Acondicionamiento del terreno

C Cimentaciones

CP Profundas

CM Semiprofundas

CR Regularización

CE Cabezales

CC Contenciones

CS Superficiales

CSL Losas

m² Losa de cimentación

m² Sistema de encofrado para losa de cimentación

CSV Zapatas corridas

CSZ Zapatas

CSA Sobrecimientos

CA Armostramientos

CN Nivelación

CT Tablестасas

CV Elementos singulares

CH Concretos, aceros y encofrados

Rehabilitación

Espacios urbanos

E Estructuras

F Fachadas y muros divisorios

L Carpintería, closets, cerrajería, vidrios y protecciones solares

H Remates y ayudas

I Instalaciones

N Aislamientos e impermeabilizaciones

Q Cubiertas

R Revestimientos

S Señalización y equipamiento

Ampliar

Ocultar los capítulos

Enviar sugerencia

CSL010 m² Losa de cimentación.

Losa de cimentación de concreto armado, realizada con concreto f'c=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12.5 mm, manejabilidad blanda, preparado en obra, y fundido con medios manuales, y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), con una cuantía aproximada de 85 kg/m², acabado superficial liso mediante regla vibrante. Incluso armaduras para formación de foso de ascensor, refuerzos, pliegues, encuentros, arranques y esperas en muros, escaleras y rampas, cambios de nivel, alambre de atar, y separadores. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblez) y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.

Exportación

FIE

BDC

\$ 500.475,33

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1 Materiales					
mt07aco020a	Ud	Separador homologado para cimentaciones.	5.000	261.07	1.305.35
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	86.700	1.867.13	161.880.17
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1.30 mm de diámetro.	0.425	2.139.94	909.47
mt08aaa010a	m²	Agua.	0.226	2.918.09	659.49
mt01argo00d	m²	Arena cribada.	0.582	67.901.42	39.518.63
mt01argo01d	m²	Agregado grueso homogeneizado de tamaño máximo 12.5 mm.	0.873	49.151.86	42.909.57
mt08cem00d	kg	Cemento gris en sacos.	376.320	429.93	161.791.26
Subtotal materiales:					408.973,94
2 Equipo					
mq06vib020	h	Regla vibrante de 3 m.	0.335	9.534.02	3.193.90
mq06hor010	h	Concretera.	0.632	3.429.80	2.167.63
Subtotal equipo:					5.361,53
3 Mano de obra					
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	0.610	20.839.29	12.711.97
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	0.915	15.358.80	14.053.30
mo112	h	Ayudante entendido.	1.233	14.317.68	17.653.70
mo113	h	Peón de obra blanca.	1.177	14.022.65	16.504.66
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0.392	20.839.29	8.169.00
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	0.471	15.358.80	7.233.99
Subtotal mano de obra:					76.328,62
			2.000	490.662.09	9.813.24
Coste de mantenimiento decenal: \$ 15.014.26 en los primeros 10 años.			Costos directos (1+2+3+4): 500.475,33		

Fuente: <http://www.colombia.generadordeprecios.info>

Figura 19. APU - Losa de entrepiso aligerada

Generador de Precios.Colombia					
© CYPE Ingenieros, S.A.					
Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción					
Google Busqueda personalizada					
Análisis de precios unitarios					
» Obra nueva					
Rehabilitación					
Espacios urbanos					
D Actividades preliminares					
A Acondicionamiento del terreno					
C Cimentaciones					
E Estructuras					
EA Acero					
EC Cantería					
EF Mampostería					
EH Concreto armado					
EHE Escaleras					
EHS Columnas					
EHV Vigas					
EHL Losas macizas					
EHX Losas con lámina metálica					
EHR Losas aligeradas					
m³ Losa aligerada con casetón perdido					
m³ Losa aligerada con casetón recuperable					
m³ Losa aligerada con casetón perdido y columnas					
m³ Losa aligerada con casetón recuperable y columnas					
EHU Losas armadas en una dirección					
EHI Losas sanitarias ventiladas					
EHM Muros					
EHN Núcleos y pantallas					
EHJ Moldes, conectores y complementos					
EHW Anclajes estructurales					
» Rehabilitación					
» Espacios urbanos					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
Materiales					
mt06ef035a	m³	Tablero de madera tratada, de 30 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles, para encofrado de losa aligerada con casetón recuperable, para dejar un acabado visto del concreto.	0.008	98.242,35	785.94
mt06eva030	m²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0.001	165.358,41	165.36
mt06eva035	m²	Estructura soporte para encofrado de casetones recuperables, compuesta de: portasopandas y guías metálicas y accesorios de montaje.	0.006	184.812,34	1.108.97
mt06spa01c	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 4 m de altura.	0.027	35.756,32	965.42
mt06cm030b	m³	Madera de pino.	0.001	463.314,81	463.31
mt06var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0.006	13.817,75	81.71
mt06daa010a	l	Agente desmoldante biodegradable en fase acuosa para concretos con acabado visto.	0.002	15.851,06	31.70
mt07cre010b	Ud	Casetón recuperable de PVC, 64x70x25 cm. Incluso piezas especiales.	0.028	119.657,89	3.350.42
mt07aco020h	Ud	Separador homologado para losas aligeradas.	1.200	108,78	130.54
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	19.950	1.867,13	37.249.24
mt07var050	kg	Alambre galvanizado para alar, de 1,30 mm de diámetro.	0.190	2.139,94	406.59
mt07ame050aee	m²	Malla electrosoldada tipo XX 50, 25x25 cm y Ø 4.4 mm, según NTC 5806 y ASTM A1064 / A1064M.	1.100	1.751,25	1.926.38
mt06aaa010a	m³	Agua.	0.044	2.918,09	128.40
mt01arg000d	m³	Arena cribada.	0.112	67.901,42	7.604.96
mt01arg001de	m³	Agregado grueso homogeneizado de tamaño máximo 12.5 mm.	0.169	49.151,06	8.306.66
mt06cem000d	kg	Cemento gris en sacos.	72.630	429,93	31.225.82
mt06cur010a	l	Agente filmógeno para el curado de concretos y morteros, con acabado visto.	0.150	8.019,88	1.202.98
Subtotal materiales:					96.134,30
Mano de obra					
Equipo					
mq06hor010	h	Concretera.	0.122	3.429,80	418.44
Subtotal equipo:					418.44
Costo de mantenimiento decenal: \$ 7.161.65 en los primeros 10 años.					
Costos directos (1+2+3+4):					143.233,07

Fuente: <http://www.colombia.generadordeprecios.info>

Figura 20. APU - Columnas en concreto armado

Generador de Precios.Colombia					
© CYPE Ingenieros, S.A.					
Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción					
Google Busqueda personalizada					
Análisis de precios unitarios					
» Obra nueva					
Rehabilitación					
Espacios urbanos					
D Actividades preliminares					
A Acondicionamiento del terreno					
C Cimentaciones					
E Estructuras					
EA Acero					
EC Cantería					
EF Mampostería					
EH Concreto armado					
EHE Escaleras					
EHS Columnas					
m³ Columna rectangular o cuadrada de concreto armado					
m³ Columna circular de concreto armado					
m³ Sistema de encofrado reutilizable para columna rectangular o cuadrada					
m³ Sistema de encofrado para columna circular					
EHV Vigas					
EHL Losas macizas					
EHX Losas con lámina metálica					
EHR Losas aligeradas					
EHU Losas armadas en una dirección					
EHI Losas sanitarias ventiladas					
EHM Muros					
EHN Núcleos y pantallas					
EHJ Moldes, conectores y complementos					
EHW Anclajes estructurales					
» Rehabilitación					
» Espacios urbanos					
Ensayo m³ Columna rectangular o cuadrada de concreto armado.					
Columna de sección rectangular o cuadrada de concreto armado, de 30x80 cm de sección media, realizada con concreto fc=210 kg/cm² (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12,5 mm, manejabilidad blanda, preparado en obra, y fundido con medios manuales, y acero Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), con una cuantía aproximada de 120 kg/m³, montaje y desmontaje de sistema de encofrado, con acabado para revestir, en planta de hasta 3 m de altura libre, formado por: superficie encofrante de paneles metálicos, amortiguables en 75 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortiguables en 150 usos. Incluso berenjenos, alambres de alar, separadores y líquido desmoldante para evitar la adherencia del concreto al encofrado. El precio incluye el figurado del acero (corte y doblaje) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra.					
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
Materiales					
mt07sep010ac	Ud	Separador homologado de plástico para armaduras de columnas de varios diámetros.	12.000	136,40	1.636.80
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 (fy=4200 kg/cm²), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	126.000	1.867,13	235.258.38
mt06var050	kg	Alambre galvanizado para alar, de 1,30 mm de diámetro.	0.840	2.139,94	1.797.55
mt06eup015a	m²	Panel metálico diseñado para su manipulación con grúa, para encofrado de columnas de concreto armado de sección rectangular o cuadrada, de hasta 3 m de altura, incluso accesorios de montaje.	0.147	178.976,17	26.309.50
mt06spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0.068	26.009,90	1.768.67
mt06var040a	Ud	Berenjeno de PVC, de varias dimensiones y 2500 mm de longitud.	6.700	680,89	4.561.96
mt06daa010b	l	Agente desmoldante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0.275	3.849,55	1.058.63
mt06aaa010a	m³	Agua.	0.226	2.918,09	659.49
mt01arg000d	m³	Arena cribada.	0.582	67.901,42	39.518.63
mt01arg001de	m³	Agregado grueso homogeneizado de tamaño máximo 12.5 mm.	0.873	49.151,06	42.909.57
mt06cem000d	kg	Cemento gris en sacos.	378.320	429,93	161.791.26
Subtotal materiales:					617.270,44
Mano de obra					
Equipo					
mq06hor010	h	Concretera.	0.632	3.429,80	2.167.63
Subtotal equipo:					2.167.63
Costo de mantenimiento decenal: \$ 7.161.65 en los primeros 10 años.					
Costos directos (1+2+3+4):					779.414,31

Fuente: <http://www.colombia.generadordeprecios.info>

Figura 21. APU - Vigas de concreto armado

← → ↻ ⓘ No seguro | www.colombia.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=50[0][3]EHV010[ehv_015%20viga;_0_0_15_35]hormigon%20uso_viga;c14_0_1c3_0_5[ehv_... ☆ ⓘ

Generador de Precios.Colombia © CYPE Ingenieros, S.A. Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción Google Busqueda personalizada

Análisis de precios unitarios

» Obra nueva
Rehabilitación
Espacios urbanos
D Demoliciones
A Acondicionamiento del terreno
C Cimentaciones
E Estructuras
EA Acero
EC Cantería
EF Mampostería
EH Concreto armado
EHE Escaleras
EHS Columnas
EHV Vigas
m³ Viga de concreto armado
m² Sistema de encofrado para viga
EHL Losas macizas
EHL Losas con lámina metálica
EHR Losas aligeradas
EHU Losas armadas en una dirección
EHI Losas sanitarias ventiladas
EHN Muros
EHN Núcleos y pantallas
EHJ Moldes, conectores y complementos
EHW Anclajes estructurales
» Rehabilitación
» Espacios urbanos
EH Madera
EP Concreto prefabricado
EX Mixtas
EW Elementos especiales
» Rehabilitación

Viga descolgada recta, de concreto armado, de 40x50 cm, realizada con concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ (21 MPa), clase de exposición F0 S0 P0 C0, tamaño máximo del agregado 12.5 mm, manejabilidad blanda, preparado en obra y fundido con medios manuales, y acero Grado 60 ($f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$), con una cantidad aproximada de 150 kg/m^3 ; montaje y desmontaje del sistema de encofrado, con acabado para revelar, en planta de hasta 3 m de altura libre, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso alambre de alar, separadores y líquido desencofrante para evitar la adherencia del concreto al encofrado. El precio incluye el figuredo del acero (corte y doblez) en el área de trabajo, en obra y el armado en el lugar definitivo de su colocación en obra.

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
1 Materiales					
mt00etf030a	m²	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0.184	72.952,24	13.423,21
mt00eva030	m²	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0.031	165.358,41	5.126,11
mt00spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0.107	26.009,90	2.783,06
mt00cmf030b	m²	Madera de pino.	0.012	463.314,81	5.559,78
mt00var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0.160	13.817,75	2.178,84
mt00dba010b	l	Agente desmoldante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0.120	3.849,55	461,95
mt07aco020c	Ud	Separador homologado para vigas.	4.000	152,30	609,20
mt07aco060a	kg	Acero en barras corrugadas, Grado 60 ($f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$), de varios diámetros, según NTC 2289 y ASTM A 706.	157.500	1.887,13	294.072,96
mt00var050	kg	Alambre galvanizado para alar, de 1.30 mm de diámetro.	1.650	2.139,94	3.530,90
mt00aaa010a	m³	Agua.	0.226	2.918,09	659,49
mt01arg000d	m³	Arena cribada.	0.582	67.901,42	39.518,63
mt01arg001de	m³	Agregado grueso homogeneizado de tamaño máximo 12.5 mm.	0.873	48.151,86	42.009,57
mt00cem000d	kg	Cemento gris en sacos.	376.320	429,93	161.791,26
Subtotal materiales:					572.624,98
2 Equipo					
mq00hor010	h	Concretera.	0.632	3.429,80	2.167,63
Subtotal equipo:					2.167,63
3 Mano de obra					
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	2.245	21.914,07	49.197,09
mo091	h	Ayudante encofrador.	2.245	16.284,78	36.559,33
mo043	h	Oficial 1º armador de concreto.	1.616	21.914,07	35.413,14
mo090	h	Ayudante armador de concreto.	1.751	16.284,78	28.514,65
mo113	h	Peón de obra blanca.	1.179	14.994,52	17.678,54
mo112	h	Ayudante entendido.	1.235	15.263,51	18.850,43
mo045	h	Oficial 1º cementador de concreto armado.	0.382	21.914,07	8.371,17
mo092	h	Ayudante cementador de concreto armado.	1.538	16.284,78	25.045,99
Subtotal mano de obra:					219.630,34
4 Herramienta menor					
%		Herramienta menor	2.000	794.422,95	15.888,46
Coste de mantenimiento decenal: 5.58.721,88 en los primeros 10 años.				Costos directos (1+2+3+4):	810.311,41

Fuente: <http://www.colombia.generadordeprecios.info>

Una vez se tengan los APU correspondientes a las tareas constructivas se procede a calcular el costo de material, de equipo y de mano de obra respectivamente para cada uno de los elementos estructurales que se encuentran en el modelo en base a las cantidades obtenidas anteriormente.

Nota: ver anexo 9.4 archivo de Excel en el cual se encuentra el cálculo de los costos de material, equipo y mano de obra.

4.1.5 Realización cronograma y presupuesto en MS Project

La ejecución del cronograma y el presupuesto mediante MS Project es un parte vital de toda esta integración en la línea de tiempo y gestión de costos al modelo final, debido a que la dificultad de la gestión de un proyecto se debe en gran parte a la cantidad de recursos de todo tipo que participan en el mismo³². Por ello Microsoft nos ofrece un potente software para realizar la planificación del proyecto mediante opciones de visualización como diagramas de Gantt o herramientas de asignación de recursos, todo esto con el fin lograr vincular y sincronizar esta información con el modelo en Navisworks Manage.

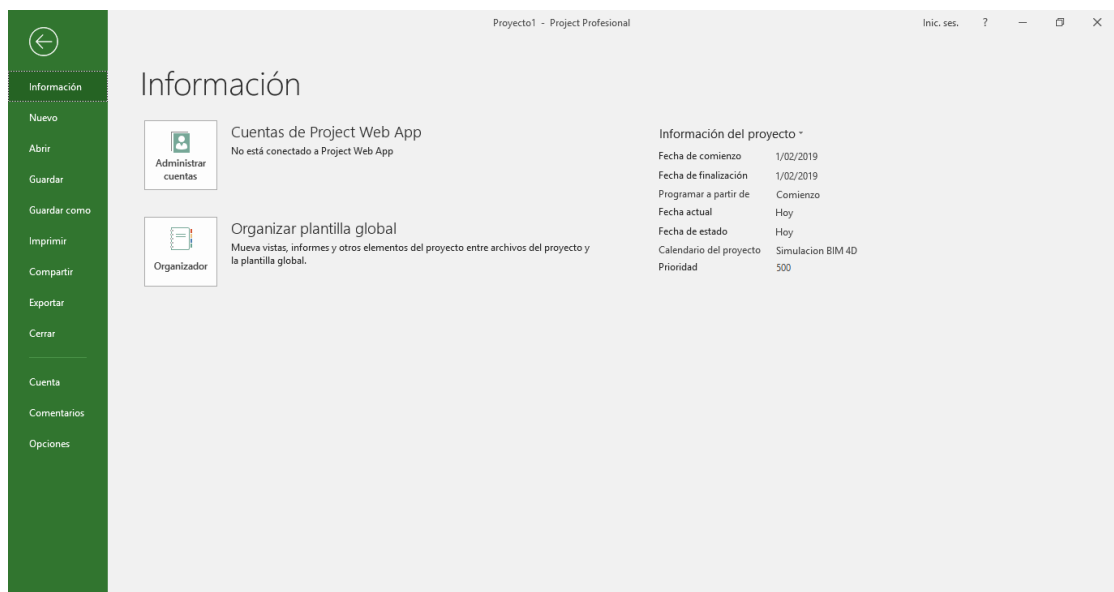
³² **Equipo de Comunicación.** EADIC Formación y Consultoría. eadic, 18 de 09 de 2015.

4.1.5.1 Configuraciones iniciales MS Project

Es importante fijar los datos iniciales del proyecto y de estos dependerá la duración y coste final del mismo debido a que la planificación y programación de obra puede cambiar considerablemente si se modifican dichos datos como por ejemplo fecha de comienzo de la obra, días laborables y horario de labor etc. En los parámetros iniciales para la realización del cronograma y presupuesto correspondientes al caso de estudio Edificio Tequendama II en MS Project se establecen los siguientes datos de partida:

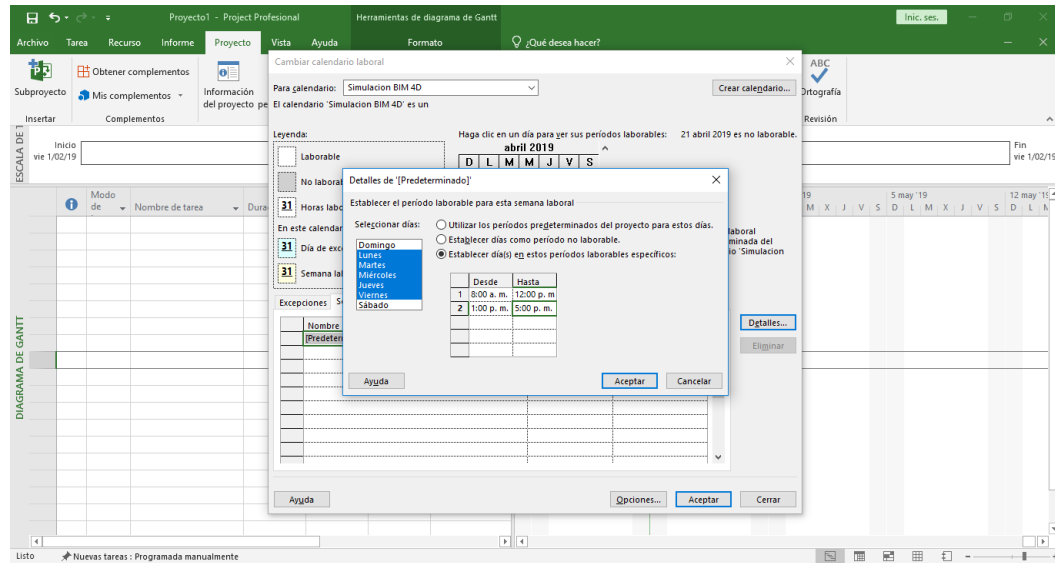
- Fecha de inicio del proyecto 01/02/2019
- Días laborales de Viernes a Sábado
- Horario laborable de Lunes a Viernes 8:00 am - 5:00 pm y los sábados de 8:00 am - 12:00 pm
- Configuración de calendario con los respectivos festivos que contiene el año natural en Colombia

Figura 22. Configuraciones iniciales MS Project



Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Configuración calendario - Horario y días de labor

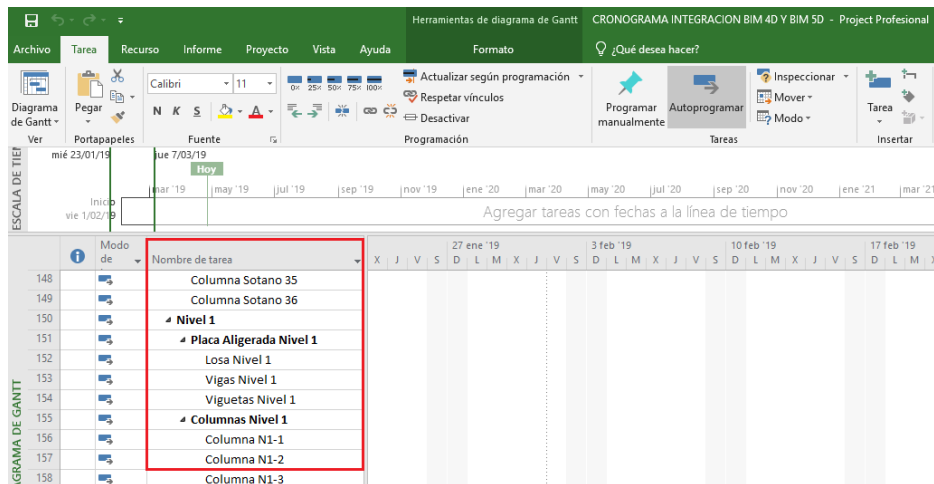


Fuente: Elaboración propia

4.1.5.2 Asignación de tareas = comentarios

Con el fin de lograr vincular el archivo de Project a nuestro modelo final en Navisworks Manage es necesario realizar la asignación de tareas con la misma identidad que le fue asignada anteriormente en los comentarios en Revit, esto quiere decir que si en los comentarios en Revit se identificó una columna del nivel 1 como (Columna N1-1), en Project es imperativo que se le dé el mismo nombre a la tarea.

Figura 24. Nombre de tarea = Comentarios



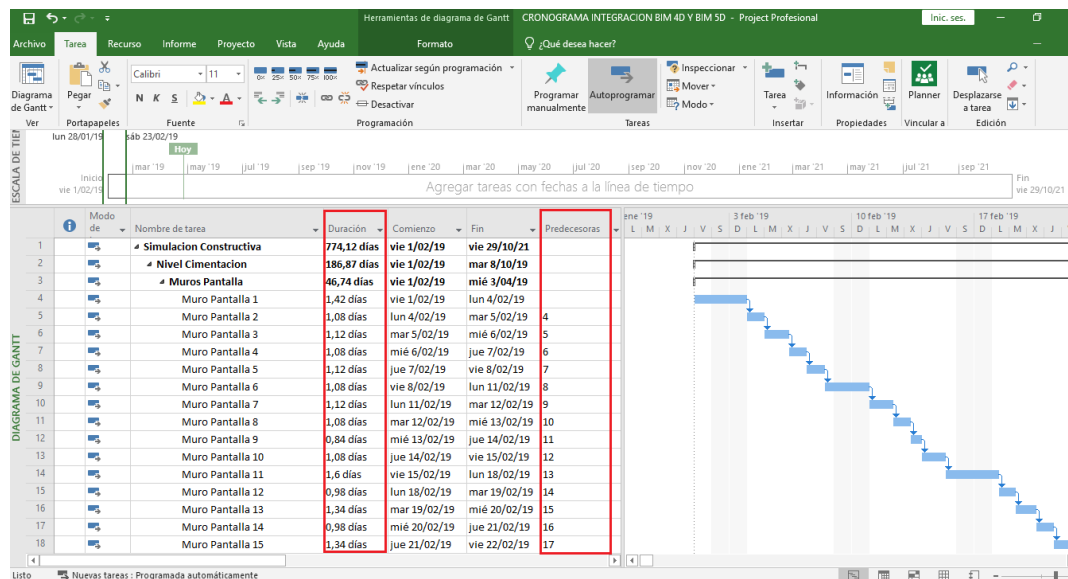
Fuente: Elaboración propia

4.1.5.3 Asignación de duración y tareas predecesoras

Una vez se halla identificado y definido el sistema constructivo a simular en BIM 4D y 5D, y en base a los rendimientos de obra anteriormente calculados se debe establecer la duración en días y la ruta crítica de cada una de las fases constructivas del proyecto. Todas las tareas son importantes, pero solo algunas de ellas son críticas. La ruta crítica es una cadena de tareas vinculadas que afectan directamente a la fecha de finalización del proyecto. Si una tarea de la ruta crítica está retrasada, se retrasa todo el proyecto³³. Es aquí donde la asignación de tiempos y predecesoras de cada fase se vuelve de gran importancia para la planificación y programación de obra de nuestra edificación.

Para el caso de estudio en la realización de este proyecto se estableció la ruta crítica de cada fase (Fin a Comienzo), en el que se vinculan cada una de las tareas a las que la anteceden, es decir una tarea comienza su ejecución una vez se haya terminado la anterior y así para cada una de ellas. Aunque esto no siempre se da de esta forma, debido a que lo más normal es que varias tareas puedan realizarse concurrentemente³⁴. Sin embargo no aplica para este caso debido a que el alcance de este proyecto es solo estructural, por lo tanto no se puede empezar a fundir una losa si no se ha terminado de construir las columnas que la anteceden.

Figura 25. Asignación de tiempos y predecesoras



Fuente: Elaboración propia

³³ Microsoft Company. Microsoft - Office 365. [En línea] Office 365 Support, 2019.

³⁴ Escobar, Kevin. *Beneficio e importancia de crear una ruta crítica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2014.

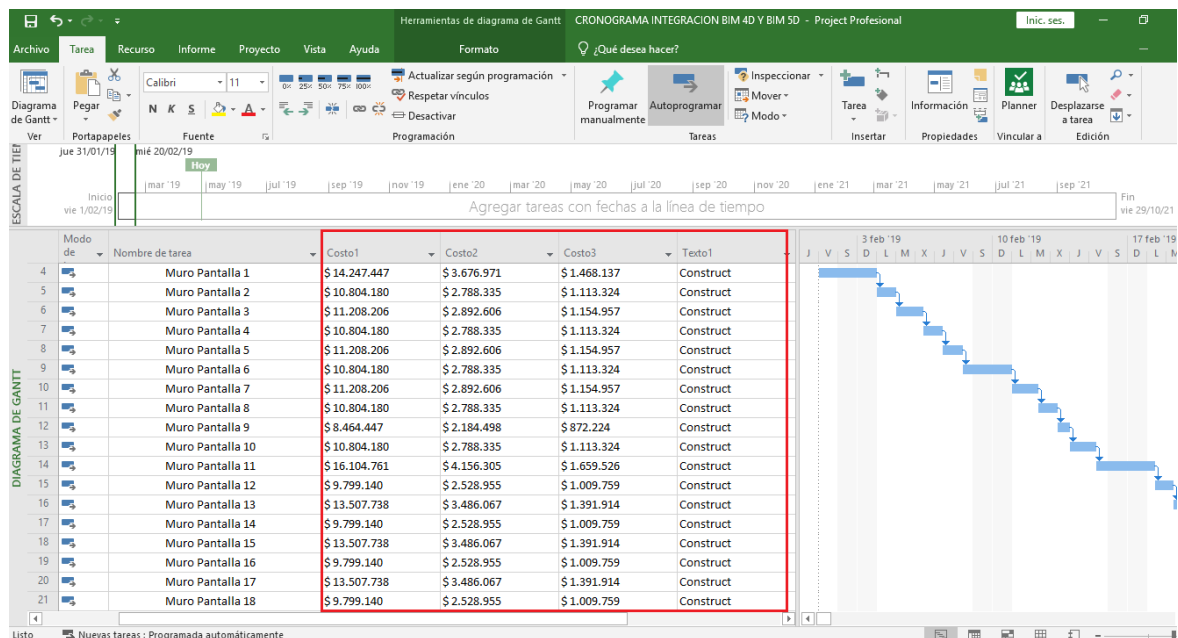
4.1.5.4 Integración de Costos y Texto 1 (Construct) a MS Project

En este paso se debe insertar columnas adicionales en Project las cuales son Costo 1 correspondiente al costo de los materiales, Costo 2 correspondiente al costo de los equipos y Costo 3 correspondiente a los costos de la mano de obra, estos costos son los que se calcularon anteriormente en base a los APU de cada actividad.

Nota: ver anexo 9.4 archivo Excel cálculo costos.

Por último se debe insertar la columna llamada Texto 1 en la que se le asigna la tarea que se quiere simular una vez hallamos hecho la vinculación con Navisworks Manage, específicamente en este caso se asigna la tarea (Construct), es importante mencionar que la asignación debe estar copiada tal cual como lo reconoce Navisworks Manage ya que si no es así no se lograría hacer la simulación posteriormente de la forma correcta.

Figura 26. Costos y tarea (Construct)



Fuente: Elaboración propia

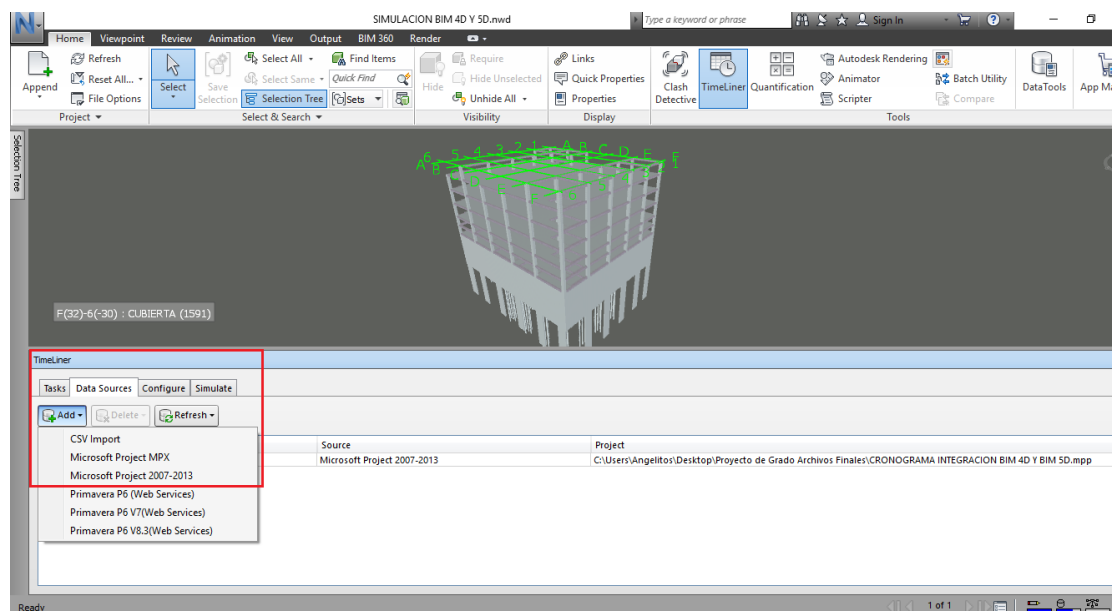
5. RESULTADOS

5.1 SIMULACION BIM 4D Y 5D EN NAVISWORKS MANAGE

La dimensión 4D y 5D de BIM es el proceso en el que se utiliza un modelo 3D en este caso exportado desde Revit añadiendo la dimensión temporal y la dimensión de costos, en la cual podremos mostrar la secuencia constructiva y analizar requisitos especiales en obra, derivados de los trabajos a realizar. Actualmente existen diferentes programas en los que se puede realizar la vinculación y posteriormente la simulación como Synchro, Solibri, Vico Office, Tekla BIMSight, ConstructSim³⁵, sin embargo el software más usado para dicha simulación no solo en Colombia sino en otros países es Navisworks Manage y es el software que se utilizó en la elaboración de este proyecto.

El primer paso para lograr la simulación es vincular el archivo de MS Project al modelo exportado en Navisworks Manage, mediante la herramienta (Time Liner) en la cual se encuentra la opción (Data Sources), seguidamente se elige la opción de añadir (Add+), y se vincula el archivo de Project que contiene toda la información.

Figura 27. Vinculación de Project al modelo Navisworks



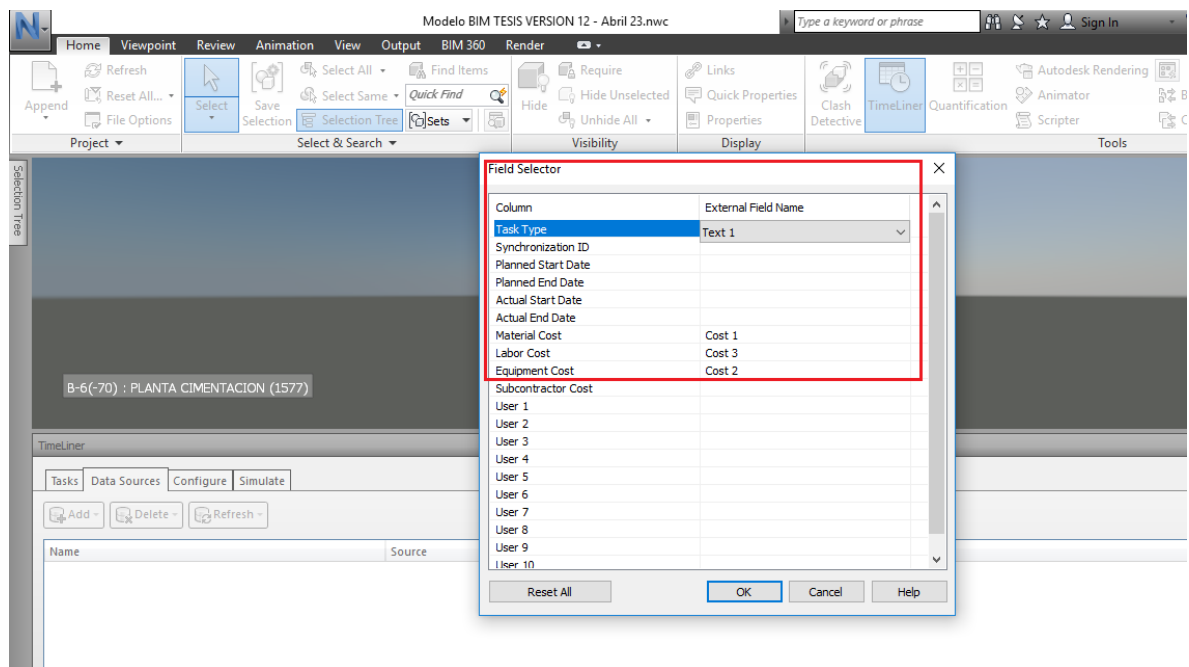
Fuente: Elaboración propia

³⁵ **Aguilar, Juan.** MSI. [En línea] 20 de Junio de 2018. <https://www.msistudio.com/como-crear-una-simulacion-4d-con-revit-y-project-desde-navisworks/>.

Luego de elegir el archivo de Project que se quiere vincular aparecerá una ventana automáticamente llamada selector de campo (Field Selector), en la cual se asocia las columnas de Project en las que especificamos el tipo de tarea (Texto 1) y los costos de materiales (Costo 1), equipos (Costo 2) y mano de obra (Costo 3) respectivamente. Este paso es de vital importancia ya que es aquí donde se asocia la información asignada en Project a cada componente del modelo y que tipo de tarea queremos que Navisworks simule, que en este caso es construir (Construct).

Posteriormente se procede a regenerar el árbol del cronograma mediante la opción (Rebuild Task Hierarchy), esto se hace con la finalidad de que el archivo de Project quede sincronizado con la línea de tiempo del modelo (Time Liner).

Figura 28. Asignacion de campos creados



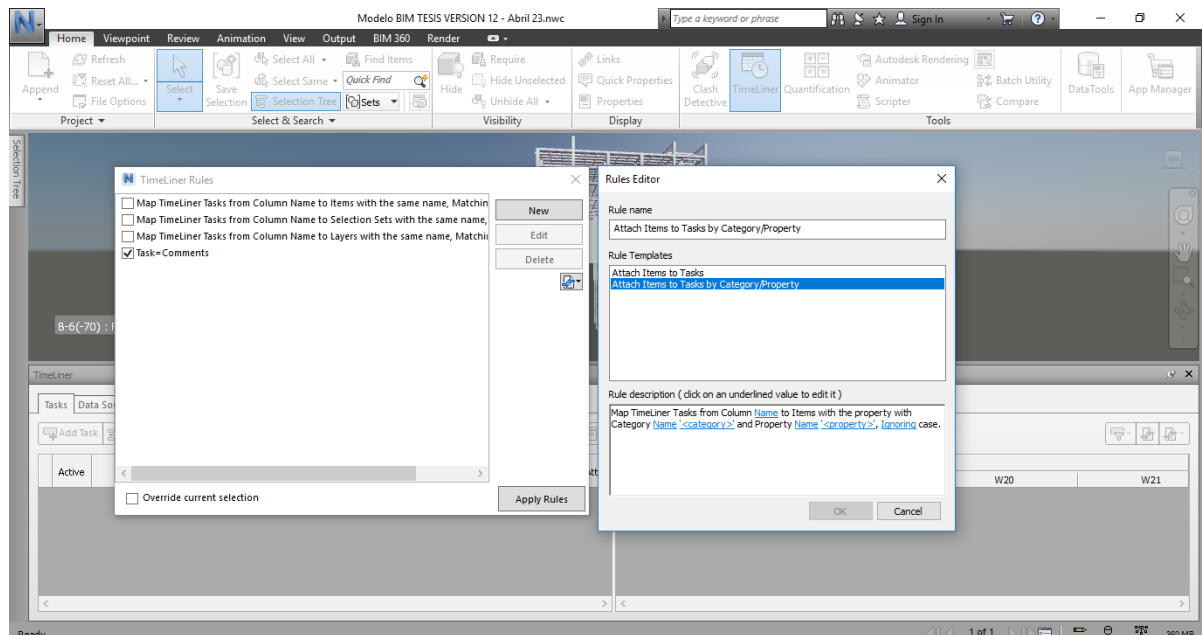
Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el paso anterior, para lograr simulación final de nuestro modelo con la línea de tiempo y gestión de costos, es necesario enlazar cada tarea a un elemento del modelo, esto quiere decir que cada componente debe tener emparejado la tarea que hemos establecido anteriormente a simular, si no se realiza este paso en la simulación final no se lograría ver nada. Sin embargo enlazar cada elemento con la tarea en específico resulta ser muy tedioso y más aún si se trata de proyectos en los que la cantidad es enorme.

No obstante Navisworks Manage permite generar reglas para que ese enlace se realice automáticamente (Auto-Attach Using Rules). Una vez se seleccione esta opción se abrirá una ventana en la cual se pueden crear, editar o eliminar reglas, es aquí donde se elige la opción de crear nueva regla y posteriormente se elige la opción de plantilla de reglas número dos.

Esta regla especifica que a todos los elementos que tengan el comentario que coincida con la tarea de Navisworks/Project quedaran enlazados³⁶. Aquí se evidencia una vez más la importancia de la asignación de comentarios desde nuestro modelo Revit y porqué dicha asignación debe estar si o si de la misma manera en Project ya que si no es así no se enlazaría cada elemento con la tarea asignada y se tendría que hacer uno por uno.

Figura 29. Creación de reglas para enlazar elementos



Fuente: Elaboración propia

³⁶ **Universo BIM.** Como crear una simulación BIM 4D de manera automática. [Video] Santiago de Chile: Universo BIM, 2014.

5.2 PARA QUE SIRVE UNA INTEGRACION BIM 4D Y 5D

La integración BIM en el mundo de la construcción día a día se ha convertido en una prioridad en los proyectos constructivos de gran escala en todo su ciclo de vida, pero poniendo esa prioridad en el contexto nacional surgen dos preguntas ¿Por qué se debe realizar una integración BIM?; ¿Para qué sirve una simulación BIM 4D y 5D?

La integración BIM a los proyectos que se lleven a cabo en el país permite a las empresas ser más competitivas con respecto a otras, ya que mediante esta metodología de trabajo se solucionan muchos inconvenientes que surgen cuando se trabajaba mediante planos 2D, como por ejemplo interferencias de diseño entre diferentes especialidades involucradas, reprocesos en las diferentes etapas o incluso tiempos tardíos en el intercambio de información entre todos los actores del proyecto. Por eso es importante que se realice esta integración a todos los proyectos de edificación que se desarrollen en el futuro, ya que el modelo central BIM puede tener tanta información como se desee de cada una de las fases de la edificación desde su bosquejo hasta su operación y mantenimiento evitando muchos de los problemas anteriormente mencionados.

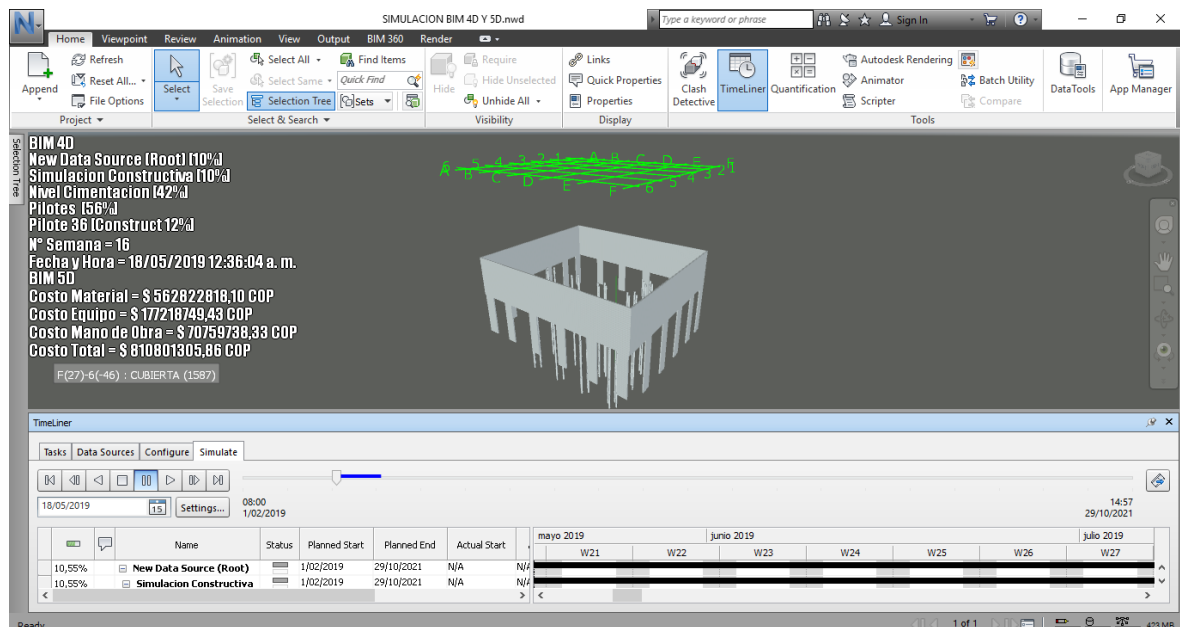
Figura 30. Utilidades de la integración BIM



Fuente: <https://forums.autodesk.com>

La simulación BIM 4D permiten a los diversos participantes (desde arquitectos, diseñadores, contratistas hasta propietarios) de un proyecto de construcción, visualizar toda la duración de una serie de eventos y mostrar el progreso de las actividades de construcción a lo largo de la vida del proyecto³⁷. Estos modelos BIM 4D se utilizan ampliamente para extraer cantidades y secuencias de procesos constructivos a realizar, incorporando parámetros de la actividad de construcción de acuerdo con la información de la edificación, con el fin estudiar y documentar la secuencia, la fase y la administración de los recursos involucrados.

Figura 31. Simulación 4D y 5D - Avance de obra del 10%



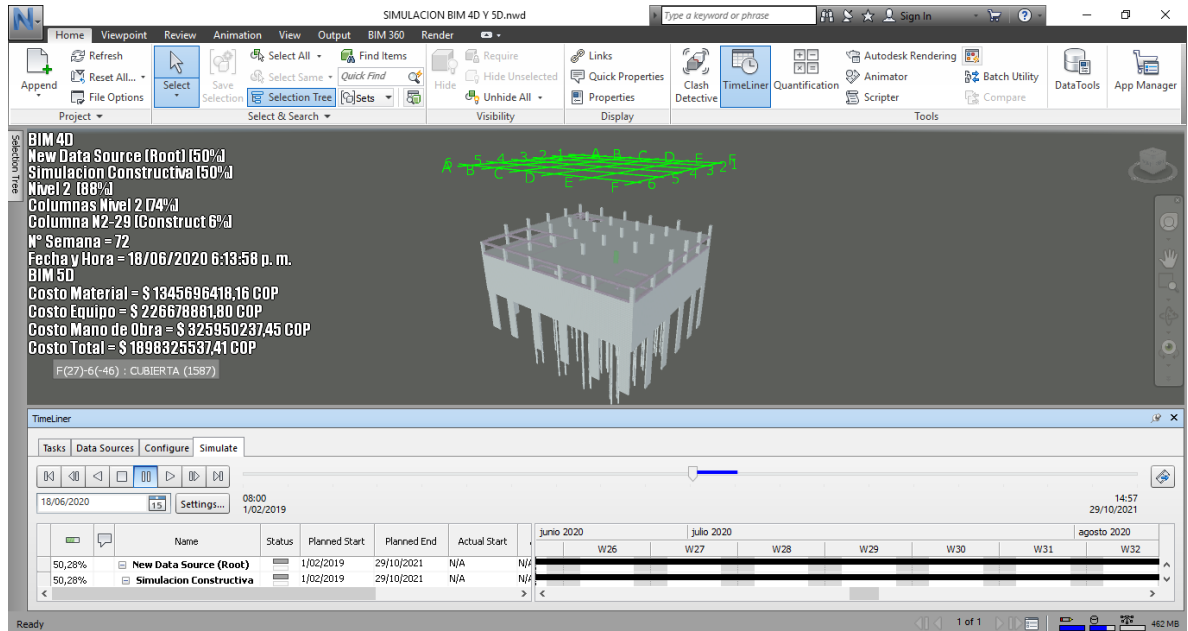
Fuente: Elaboración propia

La integración de costos (BIM 5D) a nuestra simulación permite a los diversos participantes del proyecto visualizar el progreso de las actividades de construcción y sus costos relacionados a lo largo del tiempo. Estos modelos dependiendo del nivel de detalle que se elija, están cargados con información completa sobre los costos y requisitos de materiales, de equipos y mano de obra, en cada etapa de del proyecto de construcción. BIM 5D hace que las preguntas complicadas sobre escenarios hipotéticos (si cambiamos esto, y aquello y esto otro, o si se presenta un retraso por mal tiempo, o si el subcontratista se retrasa, qué efectos puede tener en el costo final de nuestro proyecto³⁸.

³⁷ **Servicios BIM - CIM.** IAA-LTDA. Ingenieros - Arquitectos. IAA-LTDA, 12 de Junio de 2018. <https://www.iaa->

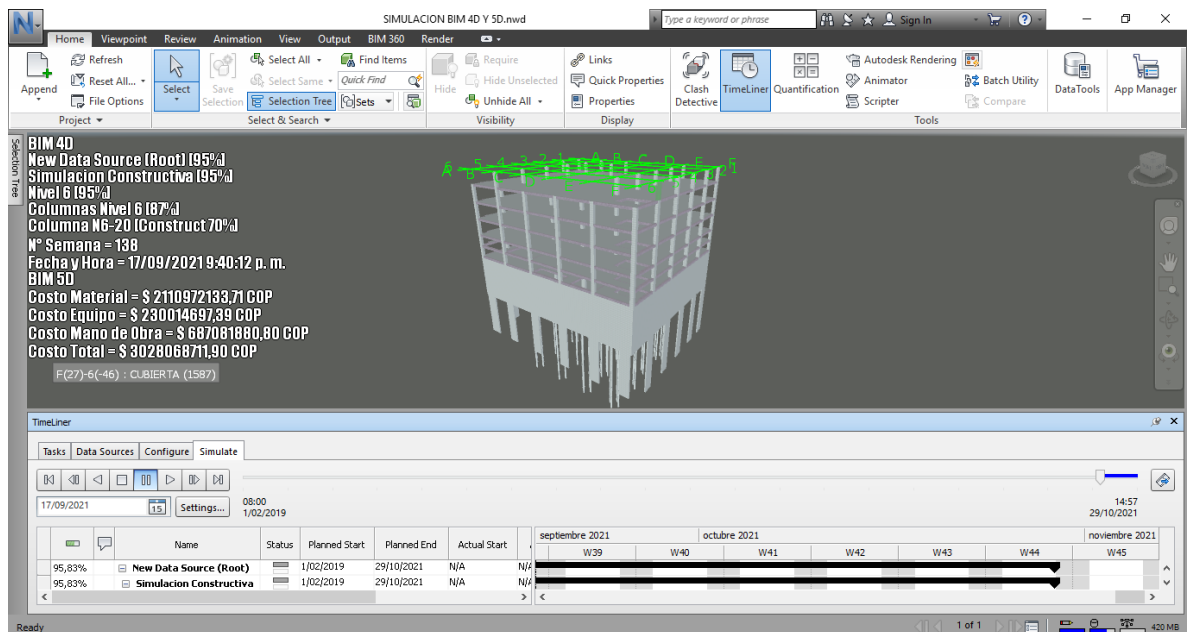
³⁸ **United Rentals.** What is 5D BIM and How Is it Changing the Way We Approach Projects? United States: PROJECT UPTIME PRODUCTIVITY, 2017.

Figura 32. Simulación 4D y 5D - Avance de obra del 50%



Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Simulación 4D y 5D - Avance de obra del 95%



Fuente: Elaboración propia

Mediante el software utilizado en esta caso Navisworks Manage se logra visualizar en la parte superior izquierda de manera más interactiva los datos vinculados a la línea de tiempo (BIM 4D) y gestión de costos (BIM 5D) del modelo, como el porcentaje de avance de obra, la fecha, la hora, el costo de material, el costo de los equipos, el costo de la mano de obra e incluso el costo total en tiempo real.

5.3 RELACION COSTO – BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACION BIM

Más allá de que se hayan identificado y definido las ventajas que conlleva implementar la metodología de trabajo BIM, no se sabe ciencia cierta que costo conlleva para las empresas integrar dicha metodología, debido a que depende de muchos factores y recursos como por ejemplo capacidad técnica del personal, hardware y software de trabajo, capacidad de recolección de información entre otros. Del mismo modo el costo de la implementación BIM en las empresas depende en gran parte de que grado de integración se quiera relacionar con el proyecto, ya que no requiere los mismos recursos y actores de trabajo del mismo, un BIM 3D a un BIM 5D o incluso BIM 7D.

No obstante es pertinente aclarar que la relación costo - beneficio de la integración BIM para las empresas es mucho más favorables si todos los actores de la cadena de valor del proyecto adoptan dicha metodología. En otras palabras no es muy provechoso realizar una integración BIM en la etapa de diseño si a la hora de ejecutar el control de obra se hace de la forma tradicional. Realmente las ventajas de BIM se evidencian potencialmente si se vincula a todo el ciclo de vida de la edificación. Por otro lado el beneficio de esta metodología de trabajo es mucho más representativa en proyectos de gran escala como es el caso del Edificio Tequendama II, debido a la cantidad de recursos de todo tipo que se involucran, ya que no resultaría muy lucrativo implementar dicha metodología en proyectos de edificación pequeños, como por ejemplo una casa de dos pisos.

5.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN FINALES

- En nivel de detalle (LOD) es uno de los parámetros iniciales que establece que cantidad de información se quiere asociar al modelo, un LOD más alto puede llegar a involucrar información hasta de gasto energético de los diferentes componentes, por eso antes de realizar la implementación BIM en cualquier fase de un proyecto es importante definir ese nivel de detalle con el que se trabajara posteriormente, ya que de él depende la calidad y cantidad de información que tenga el modelo final.
- Se evidencio que la implementación BIM al caso de estudio puede conllevar errores, surgiendo reprocesos en algunas etapas, la mejor forma de evitar estos fallos es identificando y analizando la información que se tenga inicialmente con el fin de plantear una metodología de trabajo acertada.

- Es importante mencionar que la correcta coordinación e implementación BIM 4D y 5D a un proyecto de construcción depende en gran parte de las configuraciones paramétricas iniciales que se le dé al modelo, ya que si surgen errores en dichos procesos, en las fases siguientes como el cálculo de cantidades ocurrirían imprecisiones de cuantificación etc.
- Para realizar un modelo BIM 4D Y 5D acertado es necesario contemplar cada una de las actividades constructivas proyectadas en una obra y tener claros los conceptos de la misma, estableciendo y siguiendo la secuencia lógica de las etapas de ejecución de obra elegidas.
- Gracias al uso de la metodología BIM 4D y 5D se puede realizar una mejor planificación y visualización de las actividades constructivas y gestión de costos a desarrollar, anticipándose a los problemas que se puedan generar en obra, dando una solución mucho más acertada en momentos cruciales de la línea de tiempo del proyecto.
- El proceso realizado de la cuantificación de cantidades mediante el modelo Revit en comparación a metodologías de trabajo tradicionales resulta siendo mucho más eficiente y preciso, debido a que las herramientas tecnológicas usadas facilitan en gran porcentaje dicha tarea.
- El uso BIM resulta mucho más provechoso en proyectos de gran magnitud, ya que la información de todo el ciclo de vida de la edificación siempre va a estar actualizada por ser un modelo central, en el que todos los participantes del proyecto pueden agregar valor al mismo, sincronizándose y vinculando todas las acciones realizadas en tiempo real.
- La relación con el cliente de un proyecto en específico puede llegar a ser mucho más satisfactoria y grata cuando se trabaja mediante este tipo de metodologías, ya que es mucho más fácil representar las acciones planificadas en un modelo tridimensional (simulación) que en planos 2D.
- El uso de la metodología BIM como nueva forma de trabajo en proyectos no solo de edificación sino también de infraestructura, se está volviendo de gran relevancia en el campo de la ingeniería a nivel internacional e incluso a nivel nacional, ya que las ventajas que ofrece el mundo BIM son enormes. Por lo tanto es imperativo que se adopte dicha metodología para ser mucho más competitivos, así cueste un poco de tiempo y se cometan errores al principio, de todas formas cambiar la mentalidad de años de trabajo no se logra de un día a otro.

9. BIBLIOGRAFÍA Y WEB-GRAFÍA

1. **Lopez, Isabel.** *Planteamiento de una estrategia de inclusion de BIM para empresas medianas de arquitectura en la etapa de diseño.* Bogota : Facultad de artes, Escuela de Artes y Urbanismo, 2017.
2. **Vandezande, James.** *Matering Autodesk Revit Architecture.* Indianapolis, Indiana : Wiley Publising inc, 2012.
3. **Aponte, Lina Xiomara Sierra.** *GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CON METODOLOGÍA BIM.* Bogota : Universida Militar Nueva Granda, 2016.
4. **Ceron, Ismale Antonio.** *Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto.* Bogota : Universidad Catolica de Colombia, 2017.
5. **Zalarte, Manuel.** *IMPACTO ECONÓMICO DEL USO DE BIM EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS.* Manizales : Universidad Nacional de Colombia, 2017. 1.
6. **Mojica, Valencia.** *IMPLEMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS BIM COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACION Y CONTROL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA EDIFICACION DE BOGOTA.* Bogota : Pontificia Universidad Javeriana, 2012. 2.
7. **Volk, Rebeka.** Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings.* EEUU : Automation in Construction, 2014.
8. **Duo, Jhon.** BIIM Associates. *BIIM Associates.* [En línea] BIM Solutions for Architecture and Engenieering, 15 de 6 de 2013. [Citado el: 15 de 9 de 2018.] <http://bim.associates>. 2.
9. **Standars, National BIM.** National BIM Standars - United States. *National BIM Standars -United States.* [En línea] National Institute Fir Building Sciences, 15 de Enero de 2008. [Citado el: 20 de Agosto de 2018.] www.nationalbimstandard.org. 5.
10. **FORUM, BIM.** BIM FORUM BUILDING SMART. *BIM FORUM BUILDING SMART.* [En línea] BIM FORUM US Org, 15 de Enero de 2005. [Citado el: 25 de Agosto de 2018.] bimforum.org. 4.
11. **Building Smart.** BIM FORUM. [En línea] Septiembre de 2018. [Citado el: 15 de 10 de 2018.] <https://bimforum.org/lod/>.

12. **Ortega, Agustin Sanchez.** Espacio BIM. [En línea] Espacio BIM, 2011. [Citado el: 14 de 9 de 2018.] <https://www.espaciobim.com/que-es-el-lod-nivel-de-detalle/>.
13. **Editeca.** Editeca. [En línea] BIM Editeca, 2017. [Citado el: 4 de 9 de 2018.] <https://editeca.com/lod-nivel-de-desarrollo/>.
14. **Chapter, Building SMART Spanish.** Building Smart Spain. *Building Smart Spain*. [En línea] BSSC, 22 de Marzo de 2002. [Citado el: 10 de Septiembre de 2018.] www.buildingsmart.es. 5.
15. **PMI.** *Guia de los Fundamentos Para la Direccion de Proyectos* . Pensilvania : Project Manage Institute.
16. **Chobot, Martin.** Autodesk University. [En línea] AUTODESK. [Citado el: 19 de Noviembre de 2018.] <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/BIM-and-FM-Stories-Field-Practical-Guide-Lifecycle-BIM-2012>.
17. **Ortega, Borja S.** *Definiciones en Entorno BIM* . Navarra : Espacio BIM.
18. **ES.BIM.** *Implementacion BIM* . España : BIM SAMRT, 2015.
19. **Sanz, Maria Jose.** Arquitectura y Empresa. [En línea] A Y E, 9 de Septiembre de 2017. [Citado el: 15 de Noviembre de 2018.] <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/bim-en-el-mundo-implantacion-de-la-nueva-metodologia-en-el-sector-de-la-arquitectura>.
20. **Guarello, Fernando.** BIM en el Mundo Implantacion de las Nuevas Tecnolgias. Chile : s.n., 2018.
21. **Duque, Ana Montilla.** INESEM. [En línea] [Citado el: 20 de Noviembre de 2018.] <https://revistadigital.inesem.es/disenio-y-artes-graficas/bim-4d-5d/>.
22. **Readaccion Biblus.** BbLus. [En línea] 17 de Julio de 2018. [Citado el: 19 de Noviembre de 2018.] <http://biblus.accasoftware.com/es/bim-4d-la-dimension-temporal-del-bim/>.
23. **ZUBLIN STRABAG.** *How Teams Works - BIM 5D We are building the future*. s.l. : BIM 5D ZULBIN STRABAG, 2018.
24. **BIM Community.** *What does BIM 5D mean for cost managers?* Londres - Inglaterra : Zigurat, 2018.
25. **Permoda LTDA.** Permoda.com. [En línea] 2018. <http://www.permoda.com.co/>.
26. **ASCHNER CONSULTORES** . aschner.com. [En línea] 2018. <http://aschner.com.co/>.

27. *Gestión BIM 4D y 5D: planificación temporal y gestión de costes*. **Duque, Ana**. Granada : s.n., 2017.
28. **Buscador de Arquitectura MX**. Arq.com.mx. [En línea] 6 de 09 de 2017. <http://noticias.arq.com.mx>.
29. **Revitor Mundo BIM**. *Como obtener cantidades para presupuestos, a partir de un Modelo Revit*. [Video] Chile : s.n., 2018.
30. **Botero, Luis Fernando**. *Análisis de Rendimientos*. s.l. : Universidad EAFIT, 2002.
31. **Aguirre, Carlos Andres**. *Costos y presupuestos* . Santiago de Cali : SENA, 2014.
32. **Equipo de Comunicacion** . EADIC Formacion y Consultoria. [En línea] eadic, 18 de 09 de 2015. <https://www.eadic.com/la-gestion-de-proyectos-de-construccion-microsoft-project/>.
33. **Microsoft Company**. Microsoft - Office 365. [En línea] Office 365 Support, 2019. [Citado el: 22 de Abril de 2019.] <https://support.office.com/es-es/article/mostrar-la-ruta-cr%C3%ADtica-de-su-proyecto-ad6e3b08-7748-4231-afc4-a2046207fd86>.
34. **Escobar, Kevin**. *Beneficio e importancia de crear una ruta crítica*. Costa Rica : Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2014.
35. **Aguilar, Juan**. MSI. [En línea] 20 de Junio de 2018. [Citado el: 15 de Abril de 2019.] <https://www.msistudio.com/como-crear-una-simulacion-4d-con-revit-y-project-desde-navisworks/>.
36. **Universo BIM**. *Como crear una simulación BIM 4D de manera automática*. [Video] Santiago de Chile : Universo BIM, 2014.
37. **Servicios BIM - CIM**. IAA-LTDA. *Ingenieros - Arquitectos*. [En línea] IAA-LTDA, 12 de Junio de 2018. [Citado el: 20 de Abril de 2019.] <https://www.iaa-bim.com/about-us/como-trabajamos/>.
38. **United Rentals**. *What is 5D BIM and How Is it Changing the Way We Approach Projects?* [Articulo] United States : PROJECT UPTIME PRODUCTIVITY, 2017.
39. **Construdata**. *Cuadrillas en la Construcción*. Colombia : Legis S.A., 2013.
40. **Generador de precios Colombia**. Generador de Precios de la Construcción . [En línea] CYPE Ingenieros S.A. <http://www.colombia.generadordeprecios.info/>.

10. ANEXOS

10.1 Planos arquitectónicos

Los planos arquitectónicos fueron realizados por la empresa SCG Arquitectos SAS la cual tiene a cargo proyectos de todo tipo y anteriormente ya había sido contratado por la empresa Permoda LTDA.

Nota: Los planos se encuentran anexos fuera del documento, en archivos tipo DWG

10.2 Planos del pre-dimensionamiento estructural

Los planos estructurales fueron realizados por la empresa ASCHNER CONSULTORES, se encuentra en etapa de revisión estructural por parte de WSP Colombia.

Nota: Los planos se encuentran anexos fuera del documento, en archivos tipo DWG

10.3 Modelo Revit del proyecto

El modelo de Revit es un modelo centralizado el cual se ha venido trabajando en la empresa WSP Colombia, elaborado por mi autoría. En dicho modelo se encuentran las cantidades obtenidas de todos los elementos estructurales modelados.

Nota: El modelo se encuentra anexo fuera del documento, el archivo es tipo RVT

10.4 Hoja de Excel (Cantidades – Duración - Costos)

En este archivo se encuentran todos los cálculos realizados con respecto a la duración en base a rendimientos de obra de Construdata y los costos en base a los APU obtenidos desde el generador de precios unitarios todo esto respecto a las cantidades exportadas desde Revit. (39) (40)

Nota: El archivo de Excel se encuentra anexo fuera del documento

10.5 Cronograma y presupuesto MS Project

En este archivo se encuentra resumido toda la duración y costos del proyecto Edificio Tequendama II - Permoda asignado a cada elemento estructural.

Nota: El archivo de Project se encuentra anexo fuera del documento. El archivo es tipo MPP

10.6 Modelo Navisworks Manage (Simulación BIM 4D y 5D)

En este archivo se encuentra la simulación final realizada, vinculando los tiempos de ejecución y los costos involucrados al proyecto Edificio Tequendama II - Permoda

Nota: El archivo de Navisworks Manage se encuentra anexo fuera del documento, para hacer correr la simulación debe ir a la ventana (Time liner), posteriormente ubicarse en la pestaña (Simulate) y dar clic en la opción play. Cabe recalcar que la simulación se puede hacer mediante el software gratuito Navisworks Freedom. El archivo es tipo NWD.

10.7 Propuesta de trabajo de grado aprobada

Este anexo corresponde a la propuesta de trabajo de grado (anteproyecto) que fue aprobada en el semestre pasado. La razón por la que se cambio el caso de estudio es porque no se contaba con la información suficiente para llevar a cabo los objetivos propuestos debido a que la magnitud del modelo BIM era muy grande. Por lo anterior el caso de estudio desarrollado en el presente trabajo de grado es el proyecto Edificio Tequendama II – Permoda, que es un modelo de menor magnitud.

Nota: tanto los objetivos como la metodología planteada en el anteproyecto aplican para el caso de estudio desarrollado ya que los objetivos de este trabajo de grado no se limitan a un proyecto o caso de estudio en específico.